NATUURKUNDIGE VOORDRACHTEN 1929 - 1930

NATUURKUNDIGE VOORDRACHTEN

NIEUWE REEKS No. 8

VOORDRACHTEN GEHOUDEN IN DE
MAATSCHAPPIJ DILIGENTIA TE 'S-GRAVENHAGE

N.V. BOEKHANDEL v/h W. P. VAN STOCKUM & Zn.
'S-GRAVENHAGE — 1930

INHOUD.

De nevelvlekken door Prof. Dr. A. PANNEKOEK 1
De bouw van kristallen door Dr. J. M. BIJVOET 12
Bioradioactiviteit door Prof. H. ZWAARDEMAKER . . . 22
Periodische verschijnselen in de natuur door Dr. BALTH. VAN DER POL 30
Over plotselingen dood door E. C. VAN RIJSSEL, arts-prosector 53
Over de noodzakelijke bestanddeelen van onze voeding door Prof. Dr. B. C. P. JANSEN 68
Landbouw bij de Papoea's van Nieuw-Guinea door Prof. Dr. J. JESWIET 80
De grenzen onzer waarneming door Dr. H. C. BURGER (Verslag opgemaakt door Dr. G. J. DE GROOT) . . . 85
Geologische Exploratietochten op het eiland Celebes door Prof. Dr. H. A. BROUWER 90
De Gulden snede door Prof. Dr. G. VAN ITERSON Jr. (Verslag opgemaakt door Dr. G. J. DE GROOT). . . 98
Praktische Methoden zur Verjüngung von Dr. Med. P. SCHMIDT 112
Waarschijnlijkheidsgolven als bestuurders van photonen, electronen en protonen door Prof. Dr. P. EHRENFEST . . 119

DE NEVELVLEKKEN

door

PROF. DR. A. PANNEKOEK.

Reeds in de 17de eeuw werd opgemerkt, dat tusschen de sterren zich eenige nevelachtige vlekjes bevinden, die voor het bloote oog zichtbaar zijn (de nevelvlek van Orion, en die van Andromeda). In de 18de eeuw maakte Messier een lijst van een kleine honderd van deze nevelvlekken, die alle in kleine kijkers zichtbaar zijn. William Herschel vermeerderde dit aantal tot eenige duizenden, beschreef ze, en zag dat vele van deze vlekjes in grootere kijkers sterrehoopen bleken te zijn, verzamelingen van dicht opeengedrongen zwakke sterretjes. De vraag is toen, en ook naderhand weer opgeworpen, of soms alle nevelvlekken eigenlijk sterrehoopen konden zijn, waarbij dan voor de onoplosbare nevelvlekken de samenstellende sterren te klein zouden zijn om met bestaande kijkers zichtbaar te zijn. Meestal werd, op grond van de eigenaardige vorm en struktuur, deze vraag ontkennend beantwoord. Een beslissing gaf de toepassing van de spektraalanalyse.

Toen Huggins het beeld van de z.g. planeetnevel in de Draak op de spleet van zijn spektroskoop liet vallen, zag hij in de spektroskoop één groene lijn, later bij verdere studie door 2 zwakkere lijnen aangevuld. Daarmee was bewezen, dat deze nevelvlek uit ijl gloeiend, of ten minste lichtend gas bestond, en niet uit een verzameling van sterretjes. De Andromedanevel daarentegen, waarin Lord Rosse al gemeend had fijne sterschittering te zien, bleek een continue spektrum te bezitten en in werkelijkheid een sterrehoop te zijn. Door de spektraalanalyse zijn dus definitief al

deze nevelvlekachtige voorwerpen in twee klassen onderscheiden, die in wezen en karakter volkomen verschillend zijn: de sterrehoopen, waarmee wij ons hier niet zullen bezighouden, en de gasnevels, de eigenlijke nevelvlekken.

Tot deze gasnevels blijken hoofdzakelijk twee typen te behooren: de groote onregelmatige nevelvlekken, en de planeetvormige nevels. De eerste komen alle in of dichtbij de melkweg voor; het bekendste voorbeeld is de groote nevelvlek van Orion. Om de viervoudige ster θ in het zwaard van Orion (4de grootte) bevindt zich een eenigszins vierkante, reeds door Huyghens afgebeelde heldere nevelmassa, aan eene kant door een donkere baai ingevreten; vandaar gaan zwakke armen en uitbreidingen uit, die in foto's met lange belichtingstijd zich over een vierkante graad uitstrekken, met een groote rijkdom van fijne struktuurdetails. Een even heldere, groote en onregelmatige nevel bevindt zich aan de Zuidelijke hemel in Carina (de Kiel van het Schip), midden in de melkweg. De planeetvormige nevels zijn zoo genoemd omdat ze in kleinere kijkers er als rondachtige effen verlichte schijfjes uitzien. Bij sterker vergrooting vertoonen ze meestal een donkerte in het midden, met een ring of gedeelten van ringbogen er omheen; vaak bevindt zich een ster in het midden. De bekende ringnevel in de Lier is een der grootste en bekendste in deze klasse.

Om de natuur van een hemellichaam te onderzoeken, zijn chemische samenstelling en fysische gesteldheid, moet in de eerste plaats het spektrum nagegaan worden. Vindt men daarin lijnen, die in het door aardsche proeven bekende spektrum van een element voorkomen, dan weet men dat dat element in het hemellichaam aanwezig is. Van de drie groene emissielijnen (met golflengten 5007, 4959 en 4861), heeft men de eerste, helderste in het begin gemeend in verschillende elementen te kunnen terugvinden, maar nauwkeurige metingen toonden, dat er steeds afwijkingen in golflengte waren. Men vindt in laboratoriumspektra geen enkele lijn, die er mee samenvalt; de oorsprong bleef onbekend. Dus heeft

men toen (evenals bij helium en coronium) een hypothetisch element „nebulium" aangenomen, dat de oorsprong is van de helderste en ook van de tweede lijn (die steeds in bepaalde verhouding zwakker is dan de eerste). De derde groene lijn is $H\beta$, de tweede lijn van het waterstofspektrum. Bij verder onderzoek, vooral fotografisch, heeft men de overige waterstoflijnen eveneens gevonden, benevens nog een aantal andere, waaronder een lijn met golflengte 4686 uit geioniseerd helium ontstaat, maar de meeste en helderste (met golflengten 4363, 3869, 3727) een onbekende oorsprong hebben. Men mag ze ook niet alle aan één onbekend element toeschrijven, want in de eene nevelvlek is de eene lijn helderder, in een andere een andere lijn, en de verdeeling van deze verschillende lichtsoorten over een nevelvlek is vaak ongelijkmatig en verschillend. Bij waarneming met een spleetspektrograaf (die dus een lijnvormige doorsnede door de nevel afbeeldt) ziet men behalve verschillen in helderheid ook vaak verschillen in lengte der lijnen; vaak is b.v. de lijn 4686 van geioniseerd helium korter dan de anderen. Bij opnamen met een objektiefprisma, zooals ze vooral door Wright op de Lick-sterrewacht gemaakt zijn, ziet men een aantal nevelvlekbeelden naast elkaar; in elke lichtsoort en golflengte is de nevelvlek in die vorm afgebeeld, die met de verdeeling van de atomen, die die golflengte uitzenden, overeenkomt. Men krijgt daarbij tevens het spektrum van de centrale ster als een smalle lijn; uit de heldere knoopen op bepaalde plaatsen (vooral op golflengte 4686) kan men afleiden, dat zij O-sterren met heldere lijnen (z.g. Wolf-Rayet sterren) zijn; de verre uitbreiding in het ultraviolet wijst op zeer hooge temperatuur. De nevels zelf laten zich hier naar de relatieve helderheid der stralingen in een reeks rangschikken; aan de eene zij beginnende met die waar de groene waterstoflijn helderder is dan de eerste groene Nebuliumlijn, en waar ook 3727 sterk is. Dan wordt in de reeks voortgaande, de groene Nebuliumlijn steeds helderder, ver boven waterstof uit; ook 3727 wordt zwakker; dan treedt 4686

op van geioniseerd helium, en daarna komen nog eenige lijnen in het verre ultraviolet voor den dag (3426 en 3346), terwijl waterstof zwak wordt.

Toen een halve eeuw geleden de naam Nebulium ingevoerd werd, leek het volkomen gerechtvaardigd voor zulke onbekende lijnen een nieuw, op aarde niet voorkomend of niet bekend element aan te nemen. Maar met de opkomst van de moderne atoomtheorie was dat niet meer geoorloofd. Het systeem van elementen is gesloten; helium vond er zijn plaats, maar andere plaatsen (behalve in de heel hooge nummers) zijn niet meer open. Voor een coronium of een nebulium is er geen plaats in het systeem der elementen; zij bestaan niet. Dan moeten deze lijnen van bekende elementen afkomstig zijn, uitgestraald onder abnormale omstandigheden (b.v. sterk geioniseerde toestanden), die bij laboratoriumproeven niet voorkomen. Uitgaande van deze overweging kwam in 1927 de Amerikaansche fysikus Bowen op de gedachte dat deze nevelvlek-lijnen misschien „verboden" lijnen zouden kunnen zijn; en zoo is het hem gelukt het nevelvlekspektrum te verklaren.

Om te zien, wat zulke verboden lijnen beteekenen, moet men zich eenige grondslagen van de moderne atoomtheorie voor oogen houden. Elke lichtuitzending van bepaalde golflengte door een atoom (kortweg spektraallijn genoemd) wordt hierbij opgevat als gevolg van een overgang van ééne toestand van het atoom in een andere van lagere energie (als energie-niveaus te betitelen, waarbij de elektronen zich in verschillend wijde banen bevinden). Het verschil in energie komt vrij als één energiekwantum, en wordt uitgestraald als licht van een trillingsgetal, dat evenredig is met dit kwantum, dus van een golflengte die des te kleiner is naarmate het energieverschil grooter is. Daar al deze energiekwanten verschillen zijn van eenige bepaalde energieniveaus, zijn de trillingsgetallen van alle uitstralingen ook verschillen van eenige bepaalde termen, waarvan elk bij een energietoestand behoort. De laagste term is

die, welke met de toestand van geringste energie, de normale evenwichtstoestand correspondeert. Kenmerkend voor een atoom zijn dus niet enkel de trillingsgetallen (of de golflengten) van de spektraallijnen, maar bovenal de termen, waarvan deze het verschil zijn; leidt men uit een sterspektrum (met onbekende nieuwe lijnen) termen af, die tot een bekend atoom behooren, dan weet men, dat die atomen op de ster voorkomen, al heeft men de lijnen zelf bij aardsche proeven nooit gezien. Verder moet nog bedacht worden, dat sommige termen dubbel, 3-voudig, viervoudig, enz. zijn, d.w.z. uit eenige vlak bij elkaar gelegen niveaus bestaan, over welke de elektronen zich in vaste verhoudingen verdeelen; daaruit ontstaan dan meervoudige lijnen met telkens dezelfde (meest kleine) verschillen in trillingsgetal.

Uit een paar dozijn termen kunnen, door al hun verschillen te nemen, honderden lijnen afgeleid worden. Maar niet alle termen combineeren met elkaar; er zijn regels — empirisch gevonden en vastgesteld — die aangeven welke van alle denkbare combinaties voorkomen en welke niet. Overgangen tusschen sommige bepaalde energieniveaus komen niet voor; ze heeten verboden overgangen. Dit verboden zijn is niet absoluut; in abnormale omstandigheden (b.v. bij sterke elektrische inwerking) treden wel verboden lijnen op. Men vat het zoo op, dat de kans voor zulke overgangen uiterst gering is, zoodat ze praktisch naast de gewone overgangen niets beteekenen. Dus stelde Bowen de vraag, of de nevelvleklijnen soms verboden lijnen zijn, die nooit in laboratoriumspektra optreden, maar door zeer bijzondere, afwijkende toestanden in de nevelvlek wel optreden.

Dit was op de proef te stellen door na te gaan of het trillingsgetal van een nevelvleklijn juist het verschil was van twee termen in een spektrum, die anders niet mochten combineeren. Inderdaad bleken 2 lijnen (de reeds vermelde met golflengte 4362, en een roode lijn 7326) op deze wijze tot dubbelgeioniseerde zuurstof (O++) en tot enkel geioniseerde zuurstof (O+) te behooren.

Met de heldere groene nebuliumlijn ging het wat minder direkt. Hier bleek het verschil in trillingsgetal tusschen de beide groene lijnen 5007 en 4959 juist gelijk te zijn aan het verschil tusschen twee leden van een triplet, een drievoudige term van ditzelfde dubbelgeioniseerde zuurstofatoom. Dus was het wel zeker, dat deze beide nebuliumlijnen ontstonden door het triplet te combineeren met een nog onbekende term, die nu te berekenen was. En dat dit werkelijk een term van hetzelfde atoom was, bleek naderhand, door hem met eenige andere bekende termen te combineeren, want daarbij verkreeg men lijnen, die inderdaad in het spektrum van O++ waargenomen en gemeten, maar nog niet verklaard waren. En evenzoo werd een nevelvlekkenlijn in het rood verklaard uit analoge termen van geioniseerde stikstof.

Wat kon nu de oorzaak zijn, dat in de nevelvlek juist deze verboden overgangen zoo sterk optreden, terwijl de gewone overgangen, die in laboratoriumproeven optreden, bijna geheel ontbreken? In een dubbel geioniseerd zuurstofatoom behoort bij het laagste energieniveau, de rusttoestand, de reeds gemelde tripletterm, die met 3P wordt aangeduid. Iets daarboven ligt een niveau 1D′ en iets daarboven een ander 1S′, die geen van beide met de grondterm of met elkaar mogen combineeren. Veel hooger ligt een term 3P′, en deze combineert regelmatig met de grondterm; dan volgen nog een aantal verschillende hoogere termen. Is het elektron in de lage toestand 1D′ geraakt, dan kan het niet naar de grondtoestand vallen; die weg is verboden en afgesloten. Het moet wachten, tot het of door een botsing met een snel voortvliegend electron, of door een groot energiekwantum uit straling van korte golflengte een flinke energietoevoer krijgt, die het opheft naar een van de hooge niveaus. Dit gebeurt ook regelmatig bij laboratoriumproeven met sterke elektrische ontladingen, en eveneens in de atmosferen van zeer heete sterren. Wat zijn nu de bijzondere omstandigheden in een nevelvlek, waardoor het daar niet gebeurt?

In de eerste plaats is het gas daar uiterst ijl, veel ijler dan een

luchtledig, dat wij met een luchtpomp kunnen maken. Daardoor zijn botsingen zeer zelden en een atoom kan uren of dagen lang wellicht voortloopen, zonder energie uit een botsend elektron te krijgen. Ook is het gas ver van de sterk stralende steroppervlakten; stralende energiekwanten kunnen maar met groote tusschenpoozen nu en dan op de atomen vallen. Bevindt zich hier het elektron in het 1D′ niveau, dan moet het wachten, zonder dat er energie komt, die het kan optillen en uit deze put verlost. Maar nu komt bij dit wachten in het spel, dat de verboden weg naar beneden niet absoluut verboden is, maar alleen een geringe kans heeft, dus slechts na langen tijd opengaat. Wil men een beeld gebruiken van een reeks zolderingen, die de niveaus voorstellen, soms door breede trappen verbonden, waarlangs het elektron naar boven opgetild wordt of naar beneden rolt, dan moet de 1D′ zolder voorzien worden van een klein muizegaatje, waar na veel rondspringen en rollen eindelijk het elektron gelegenheid vindt naar de benedenste vloer te vallen. De „verboden" overgang vindt spoediger plaats, dan het wachten op de energie van buiten duurt. Het daarbij vrijkomende energiekwantum is niet groot, daar de 1D′ zolder slechts laag boven de vloer 3P ligt; het uitgestraalde licht heeft een laag trillingsgetal, dus een groote golflengte, geheel in het zichtbare spektrum. Deze gevallen verdeelen zich over de drie lagen van het 3P niveau in vaste verhouding; één krijgt praktisch niets, één een klein deel, de derde een groot deel; zoo worden de twee groene nebuliumlijnen uitgestraald.

Daar groote energiebedragen, voldoende om het elektron uit het 1D′ niveau omhoog te tillen, zoo zelden op het atoom vallen, zal het ook uiterst zelden voorkomen, dat het uit de grondtoestand 3P langs de trap naar het veel hoogere 3P′ opgetild wordt: d.w.z. de gewone niet verboden lijnen treden niet op. Wel worden nu en dan kleine energiekwanten aan het atoom gegeven, die het elektron naar de lage zoldering 1D′ opheffen; en al is de toegang maar een muizegaatje, toch zal dit de meest voorkomende overgang

van uit de grondtoestand zijn. Het leven van zulk een atoom speelt zich zoo goed als geheel af in verboden overgangen heen en weer tusschen de grondtoestand en het naaste niveau (en tusschen dit en het volgende lage niveau 1S), terwijl de hooge niveaus, die in het gewone spektrum uitsluitend optreden, hier geen rol spelen. Slechts in enkele gedeelten van de nevel, dicht bij de centrale ster, waar de stralingen dichter worden, treden deze normale lijnen somtijds op.

Zoo is het groote raadsel van het nebulium, het fantastische element van de onbekende groene nevelvlekkenlijn, opgelost. Er blijft nu nog de kwestie over, wat de bron is van het nevelvlekkenlicht. Dat dit gas niet licht geeft, doordat het gloeit, dus door hooge temperatuur, is reeds lang ingezien. Is het echter niet de eigen hitte, dan kan men vermoeden, dat de straling van naburige sterren als oorzaak er een rol in speelt. Dit vermoeden is vooral gewekt door een onderzoek van Hubble op Mount Wilson over de nevels in de melkweg. Er komen in de melkweg een aantal nevels voor, die van onze onregelmatige nevelvlekken daarin verschillen, dat ze een continue spektrum geven en toch geen sterrehoopen zijn. Voorbeelden zijn de nevels rondom enkele sterren der Plejaden en rondom enkele Schorpioensterren. Ze hebben hetzelfde spektrum als deze sterren (die meest B-sterren zijn), en daar hun helderheid, op zichzelf uiterst zwak, met de helderheid van die sterren en met de nabijheid tot hen toeneemt, is het waarschijnlijk, dat het licht van deze nevels enkel teruggekaatst sterrelicht is. Bij de onregelmatige gasnevels neemt ook de helderheid met die van de daarin gelegen of naburige sterren en met de nabijheid tot die sterren toe; maar de helderheid van de nevel is hier veel grooter, bijna 100 maal meer, dan het licht van de ster dat er op valt. In dit geval zijn de sterren steeds van het O-type, soms met heldere lijnen, z.g. Wolf Rayet sterren; zoo bestaat de viervoudige ster θ in de nevelvlek van Orion uit O-sterren, en evenzoo ligt een groepje O-sterren in de Carinanevel. Bij de planeetnevels hebben wij

hetzelfde: de centraalster is steeds een O-ster, en het licht van de nevel is veel sterker dan dat van de ster. De O-sterren zijn de heetste onder de sterren; voor die met donkere lijnen zijn (uit de aanwezigheid van geioniseerd helium, zuurstof, stikstof, dubbel geioniseerde zuurstof en stikstof) temperaturen van 25000° tot 35000° afgeleid, terwijl de temperatuur der B-sterren daar beneden, meest tusschen 15000° en 20 000° ligt. Bestaat er verband tusschen deze temperaturen en het lichten der nevels, en is het mogelijk dat het licht van de nevel afkomstig is van een zooveel zwakkere ster?

Een bevestigend antwoord op deze vraag en een verklaring voor de oorsprong van het nevelvlekkenlicht is door onze landgenoot Zanstra gegeven. Wij hebben vermeld, dat een energiekwantum des te grooter is, naarmate de golflengte van het licht kleiner is. Bij een golflengte van 911 (ver buiten het zichtbare en fotografeerbare gebied) is het juist groot genoeg om een waterstofatoom te ioniseeren, dus het elektron van de kern los te rukken. Valt een nog kleinere golflengte, dus nog grooter kwantum op het atoom, dan dient het overschot boven wat voor uiteenrukken van het atoom noodig is, om aan het elektron een snelheid te geven. Naderhand vereenigen zich dan een elektron en een kern weer. Daarbij valt het elektron niet dadelijk in de laagste baan, maar soms in hoogere banen, hoogere energieniveaus, en daalt vandaar sprongsgewijs naar het laagste af. Dan komt de ioniseeringsenergie als straling terug, maar in een aantal gescheiden deelen, kleinere kwanten, ieder beantwoordend aan veel grooter golflengte, dus somtijds voor ons zichtbaar. Zoo worden bij overgang van het 3de naar het 2de niveau, van het 4de naar het 2de, het 5de naar het 2de, de bekende 1ste, 2de, 3de waterstoflijn uitgestraald. Wat dus als onzichtbare, ver-ultraviolette straling in het nevelgas in komt, komt er als zichtbare waterstofstraling weer uit. Nu wordt bij toenemende temperatuur het uitgezonden licht steeds meer naar de kant der kleine golflengten verschoven; het aantal kleine energiekwanten neemt maar weinig, dat der groote energiekwanten

zeer sterk toe. Bij 20000° is de energie voorbij de golflengte 911 nog maar uiterst weinig, daarboven neemt ze snel toe en bij 100 000° bedraagt ze reeds meer dan de helft van de totale uitstraling. Wij zien daar niets van, omdat voor alle golflengten beneden 2800 onze dampkring geheel onderschijnend is. Wordt deze straling echter in de atomen van de nevelvlek opgevangen en als kleinere kwanten zichtbaar licht uitgestraald, dan zien wij of fotografeeren wij dit als nevelvlekkenlicht. Dit verklaart nu ineens, waarom alleen de heetste sterren, boven 20 000°, dus de O-sterren, het gas van de nevelvlekken tot lichten kunnen brengen. Hoe hooger de temperatuur van de ster, des te sterker zal dit nevellicht zijn in vergelijking van dat van de ster. Want van de ster werkt op onze platen alleen dat deel der uitgezonden energie, dat tusschen golflengten 3300 en 5000 ligt; bij lagere temperatuur is dat een flink deel, maar bij hoogere temperatuur wordt het naar verhouding steeds minder. Zoo blijkt de mogelijkheid om uit de relatieve helderheid van ster en nevel de temperatuur van de ster af te leiden. Zanstra heeft op deze wijze voor bepaalde nevelvlekken temperaturen van 35 000° tot 40 000° gevonden.

Deze energie komt niet enkel als waterstoflicht te voorschijn. De vrijgemaakte elektronen hebben vaak groote snelheden; door te botsen tegen dubbel geioniseerde zuurstofatomen geven ze hun bewegingsenergie af en heffen het elektron naar de 1D′ baan; valt dit daarna terug, dan stralen de Nebuliumlijnen uit. Dit Nebuliumlicht is dus ook afkomstig van de energiekwanten der sterstraling beneden de golflengte 911, en wel uit het overschot boven wat voor uiteenrukken van een waterstofatoom noodig is. Het overschot is, vergeleken met dit laatste, des te grooter naarmate de ster heeter is. Dus naarmate de centrale ster heeter is, zullen de nebuliumlijnen sterker zijn vergeleken met de waterstoflijnen. De reeks waarin de nevelvlekken naar hun spektrum konden gerangschikt worden, is dus een reeks van opklimmende temperaturen van de centraalster. Gelijksoortige beschouwingen gelden

ook voor de ionisatie van heliumatomen, waar nog grootere energiekwanten voor noodig zijn.

Zoo is dus het raadsel der nevelvlekken door de onderzoekingen van de laatste jaren in hoofdzaak opgelost. Er blijven nog wel vele andere vraagstukken over, omtrent de verdeeling van de atoomsoorten en stralingen in verschillende schillen, omtrent rotaties en inwendige bewegingen. Maar vergeleken met onze algeheele onwetendheid nog weinige jaren geleden, is de hoofdzaak verklaard en ligt nu de weg open voor steeds verder gaande onderzoekingen en verklaringen.

DE BOUW VAN KRISTALLEN

door

DR. J. M. BIJVOET.

In 1912 had von Laue te München het geniale idee te probeeren, of een kristal een opvallende bundel Röntgenstralen kan afbuigen. Hij vermoedde hier een verschijnsel, analoog aan de bekende afbuiging van licht door een rooster van Rowland. Werkelijk bleek een bundel Röntgenstralen, welke door een kristalplaatje dringt, niet alleen als recht doorgaande bundel te voorschijn te treden, maar tevens in bepaalde richtingen afgebogen bundels op te leveren. Deze proef toonde de overeenkomst, eenerzijds in karakter tusschen Röntgen- en lichtstraling, anderzijds in regelmatigheid van bouw tusschen kristal en rooster. Wat de kristallen betreft, heeft men er het middel in gevonden de onderlinge ligging hunner atomen te bepalen, iets wat men voor von Laue's ontdekking ver buiten het bereikbare moest achten.

Een streng periodieke stapeling der deeltjes in het kristal werd op deze wijze aangetoond, waarbij de zich in evenwijdige stelling telkens herhalende eenheid in de meeste gevallen een paar moleculen groot blijkt. Nu was een periodiciteit in de kristalbouw reeds lang ondersteld vóór men over de aard en grootte der eenheid eenige directe aanwijzing had. Kennis omtrent het zich herhalende kristalmotief wordt echter vereischt om verder verklarend te kunnen doordringen tot de eigenschappen dier atoombouwsels. En deze kennis is eerst uit de ontdekking van von Laue voortgesproten. Een aantal nieuwe gebieden van onderzoek zijn hierdoor aan de kristallographie toegevoegd. Hieronder zal de welbekende

Röntgenanalyse zelve slechts kort, in principe, gememoreerd worden; zij leert hoe de atomen in het kristal gelegen zijn uit de wijze waarop de atoomstapeling opvallende Röntgengolven afbuigt. Daarna zal aan eenige voorbeelden getoond worden hoe men in de laatste jaren begint kristallographische en physische eigenschappen der kristallen te berekenen uit de rangschikking en eigenschappen hunner atomen. Hier ligt een veelomvattend gebied, waarop weliswaar nog slechts de eerste schreden zijn gezet.

Principe der Röntgenanalyse. Valt een bundel Röntgenstralen op een kristal, dan zullen, naar men zich moet voorstellen, de electronen in het kristal met de opvallende Röntgengolven gaan meetrillen, en naar alle kanten secundaire golfjes uitzenden. In de meeste richtingen komt er van de trillingen, van verschillende atomen afkomstig, te zamen niet veel terecht door hun onderlinge tegenwerking. In enkele richtingen echter addeeren zich de bijdragen van alle cellen, zoodat in die, voor interferentie gunstige, richtingen een afgebogen bundel gevormd wordt. Deze buigings*richtingen* worden bepaald door, en stellen ons in staat te besluiten tot de *afmetingen* van het zich evenwijdig herhalend kristalmotief (de z.g. elementaircel); voorts vindt men de rangschikking der atomen *in* het kristalmotief uit de *intensiteiten* dier afgebogen bundels (*demonstratie* aan eenige optische tralies).

Eenige kristalstructuren, eenvoudige en meer ingewikkelde, werden vervolgens aan de hand van modellen kort besproken.

Het Aflezen van Eigenschappen uit het Structuurmodel. Natuurlijk zal men niet willen blijven staan bij deze topographie, maar de modellen willen benutten om iets te weten te komen over de krachten die in het kristal tusschen de deeltjes optreden. Hoofdzakelijk aan het steenzout (NaCl)-model zullen nu eenige eenvoudige voorbeelden worden ontleend welke toonen, hoe tal van kristaleigenschappen uit een kristalrooster zijn af te lezen.

Afschuivings- en Splijtrichtingen. Bij steenzout is het kubusvlak splijtvlak (demonstratie), het Rhombendodekaedervlak (d. i. het

vlak dat de hoek tusschen twee kubusvlakken halveert) daarentegen kan als afschuivingsvlak optreden. Het structuurmodel, dat de bekende kubische stapeling van afwisselende positieve Na- en negatieve Cl-ionen voorstelt, toont nu dat bij de bedoelde afschuiving atoomrijen die geheel met Na-ionen bezet zijn, glijden langs uitsluitend met Cl-ionen bezette rijen. Deze met tegengesteld geladen ionen bezette rijen zullen bij de afschuiving elkaar blijven aantrekken, waardoor de beide kristalhelften ter weerszijden van het afschuivingsvlak steeds aan elkaar blijven plakken. Stel daarentegen nu, dat de afschuiving plaats had langs een kubusvlak, in de richting van de normaal op een ander kubusvlak. Dan zou, na een verplaatsing over een afstand gelijk aan dien van een Na- tot een Cl-ion, elk Na-ion van het afgeschoven netvlak een gelijk geladen ion tot buur hebben gekregen, en evenzoo de Cl-ionen. Tegen de electrostatische krachten in zou dus bij de zeer geringe afschuiving een aanmerkelijke arbeid verricht moeten worden (d.w.z. groote kracht wordt vereischt). Bovendien zal die toestand van hooge energie, waarin ter weerszijden van het glijvlak gelijk geladen ionen tegenover elkaar liggen, niet ongestraft bereikt en gepasseerd kunnen worden, maar door de afstooting tusschen de beschouwde netvlakken zou het kristal uiteen vallen, d. i. volgens het kubusvlak splijten.

In overeenstemming met de hier gegeven verklaring is b.v. het ontbreken van splijtbaarheid volgens het kubusvlak bij vloeispaat ($Ca F_2$); hier n.l. volgen, zooals het structuurmodel laat zien, resp. met Ca- en met F-ionen bezette kubusvlakken elkaar op. Vloeispaat splijt volgens het octaedervlak (*demonstratie*) en onder deze netvlakken zijn er opvolgende die beide met fluorionen belegd zijn en waartusschen de splijting dus te verwachten is.

Trekvastheid. Voor een ionennet voerde Born als grondslag voor berekeningen de onderstelling in, dat de krachtswerking tusschen ionen benaderd is voor te stellen door de electrostatische aantrekking of afstooting hunner totaal-ladingen en een afstootende

kracht, welke zeer snel met den afstand afneemt. (Hoe snel, daarover verkrijgt men het best inlichtingen uit de samendrukbaarheid).

Rekt men een steenzoutkristal geleidelijk uit in de richting van een kubusribbe, dan zal men in de uitrekkingsrichting eerst in hoofdzaak de rol der afstootende krachten in het compenseeren der onderlinge ionenaantrekking meer en meer overnemen. Deze afstootende krachten toch nemen zeer snel af, indien de ionen iets van elkaar gerukt worden. Is deze rol vrijwel overgenomen, dan zou de kracht waarmee men uitrekt, weer verminderd moeten worden, wil men het systeem niet uitéén scheuren; immers de aantrekking tusschen de ionen neemt af met toenemenden afstand. Op grond der Born'sche theorie is het verloop der uitrekkingskracht als functie der uitrekking quantitatief berekend. Het maximum daarvan moet overeenkomen met de belasting, waarbij het kristal uiteengescheurd gaat worden (de trekvastheid).

De berekende trekvastheid nu, was ongeveer 500 maal grooter dan de experimenteel bepaalde. Toen echter Joffe de metingen herhaalde aan een in water ondergedompeld kristal, werd goede overeenstemming met de berekende waarden gevonden. De mechanische trekvastheid blijkt dus uit de electrostatische krachten tusschen de ionen van ons ruimtenet te verklaren. De lage experimenteele waarden moeten volgens Joffe worden toegeschreven aan den invloed van scheurtjes, die zich van de oppervlakte uit bij belasting uitbreiden (een oplosmiddel neemt het aanvankelijk oppervlak weg).

Kristalvlakken. De oude kristallografie heeft niets kunnen antwoorden op de zoo voor de hand liggende vraag, waarom b.v. steenzout bijna steeds kubusvlakken tot begrenzingsvlakken heeft. Wel had men het ontstaan van de verschillende kristalvlakken in verband gebracht met de snelheid van hun aangroeiing, maar hiermee was de vraag slechts in een ander kleed gestoken. Het antwoord op de vraag, waarom het eene vlak sneller stof aantrekt dan het andere, kan slechts uit de kennis der atoomstapeling

verwacht worden. Een ander merkwaardig verschijnsel, welks verklaring wij onder willen nagaan, is het in den laatsten tijd vastgestelde feit, dat rhombendodekaeder-vlakken, die men aan NaCl kan verkrijgen, een streeping vertoonen en wel in de richting van de kubus-ribbe.

Onlangs dan heeft men hiervoor de volgende beschouwing ge-

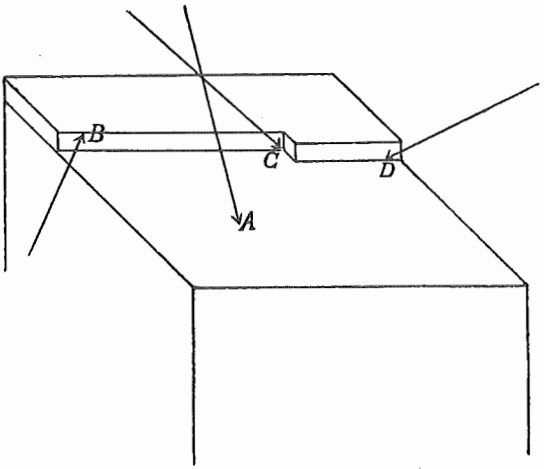

Fig. 1.

geven: Denk bij keukenzout een nieuw kubusvlak in vorming (fig. 1). In zulk een vlak wisselen de positieve en negatieve ionen elkaar af, als de witte en zwarte vakjes van een schaakbord. Van de verschillende plaatsingen, die een nieuw toetredend ion [1]) openstaan, o. a. in A, B, C, D van fig. 1, geeft die in C, waar het ion aan de meeste zijden omringd is, de meeste energie vrij, dan volgen de plaatsen D en B, het laatst komt de alleenstaande plaats A. Nu denkt men het invangen van een ion uit de oplossing waar-

[1]) Ook het zich afzetten en afsplitsen van grootere — in het bijzonder NaCl — complexen heeft men nagegaan.

schijnlijker naarmate zijn binding meer energie vrijgeeft. De groei van het kristal zal hier dus zóó gaan dat een streng, waarvan eenmaal een begin aanwezig is, regelmatig volgroeit, waarna een nieuwe streng zich vormt, naast de vorige. Het aangroeien van eenmaal begonnen strengen geschiedt daarbij snel, de aanleg van nieuwe strengen en vlakken veroorzaakt telkens een oponthoud.

Vergelijken we hiermee de groei van een rhombendodekaedervlak, dan zien wij een complicatie zich voordoen. In zulk een vlak is de ligging der ionen aldus: De +—+—+— strengen, welke wij bij het kubusvlak beschouwden, vinden wij hier terug; maar zij liggen nu zóó, dat in de richting loodrecht op de streng gelijknamige ionen op een rij liggen. Een ion, dat op het kristal neerslaat, zet daarbij weer liefst de vorming van een reeds aangevangen +—+—+— streng voort; echter hebben in dit geval de strengen door de afstooting tusschen naburige, een afkeer zich naast elkaar te vormen: zij zetten zich *verspreid* over de ondergrond af en het netvlak vult zich niet regelmatig. En hebben zich ergens een aantal strengen naast elkaar gevormd, dan zullen nieuwe lagen zich daarop afzetten, nog vóórdat het eerste vlak overal is aangevuld. De aldus gevormde uitspringende topjes (begrensd door de kubusvlakken) gaan dan zijwaarts nieuwe lagen aantrekken. Zoo zijn wij gekomen tot een verklaring van de streepingen (uitstekende richels), welke op rhombendodekaedervlakken evenwijdig aan de kubusribben zijn waargenomen.

Men heeft de groeisnelheid van een kristalvlak wel in verband willen brengen met de dichtheid van bezetting van het netvlak. Dit voert soms tot conclusies die in strijd zijn met de waarneming. Het werkelijk gedrag blijkt bij steenzout door onze veel meer gedetailleerde beschouwingen goed te worden weergegeven; hierin dan werd veel gewicht toegekend aan de bijzondere omstandigheden verbonden met het begin van den opbouw van nieuwe ionenstrengen en vlakken.

Dubbelbreking van Calciet. Als laatste voorbeeld, hoe kristal-

eigenschappen uit de kristalstructuur zijn af te leiden, kan een fraai, reeds eenige jaren oud voorbeeld op het gebied der kristaloptica gekozen worden. Quantitatief heeft W. L. Bragg de dubbelbreking van calciet en eenige andere mineralen kunnen afleiden uit hun kristalstructuur.

Zooals bekend verstaan we onder dubbelbreking het verschijnsel, dat een lichtstraal bij overgang in het kristal niet één, maar twee gebroken stralen oplevert. Deze splitsing in twee stralen (waarin de trillingsrichting van het licht verschilt, *demonstratie*: uitdooving resp. van de gebroken, z.g. gewone en buitengewone straal door een nicol) treedt op, wanneer in een kristal de grootte van de voortplantingssnelheid van een lichttrilling afhangt van hare richting.

Nu staat het verschijnsel, dat de lichtsnelheid in een medium kleiner is dan in het luchtledige, hiermede in verband, dat in het medium electronen door de lichtgolven aan het meetrillen gebracht worden. Hoe grooter de electronen verschuivingen, hoe meer — althans voor lange golven — de voortplantingssnelheid vermindert wordt (of m. a. w. de brekingsindex vergroot wordt). Nu zullen wij zien dat uit de atoomfiguratie van het kristal direct is af te lezen, dat een electrisch veld loodrecht op de optische as sterker polariseerend werkt dan een veld evenwijdig aan die as. Dit verschil wordt n.l., zooals wij zullen nagaan, veroorzaakt door den onderlingen invloed der dipolen, welke het veld in de atomen opwekt. Daar de zuurstof-ionen in polariseerbaarheid en aantal sterk overheerschen, kunnen wij in eerste benadering alleen de onderlinge beïnvloeding der zuurstofdeeltjes in het oog vatten, en daarbij ons nog beperken tot de meest naburige, d. z. die der zelfde CO_3-groep. De drie zuurstofatomen van een CO_3-groep liggen rondom het koolstofatoom in een vlak loodrecht op de optische as. Worden zij gepolariseerd door een electrisch veld, dat evenwijdig aan dit vlak is, zooals in fig. 2 geval a, dan zien we bijv. b en c die pool naar a keeren, welke ongelijknamig is met

de pool die a naar b en c keert. De naburige zuurstofionen versterken daardoor hier elkaars polarisatie. In de drie zuurstofdeeltjes treedt dus bij een veld evenwijdig aan hun vlak een grootere electrische verschuiving op, dan in een veld van gelijke sterkte het geval zou zijn, indien ze elkaar niet beïnvloedden.

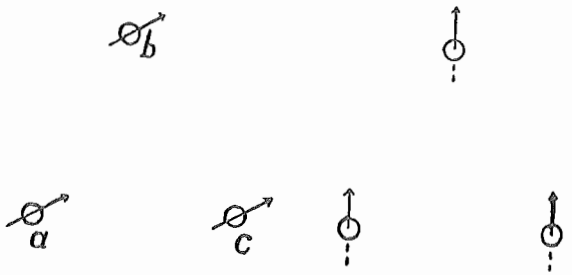

Fig. 2.

De gebruikelijke berekening der refractie uit de additiviteit der atoomrefracties onderstelt niet-beïnvloeding. De brekingsindex voor trillingen loodrecht op de hoofdas, zal dus grooter zijn dan die, welke additief uit de atoomrefracties volgt. De vergrooting der polarisatie der O-ionen eener CO_3-groep — en daarmee de correctie in de brekingsindex — berekende Bragg nu quantitatief uit de onderlinge ligging dezer deeltjes, welke door de Röntgen-analyse was bepaald.

Beschouwen wij nu het geval, dat het electrische veld loodrecht op het vlak der CO_3-groep staat. In dit geval werken de zuurstofdipolen eener groep elkaars polarisatie tegen (zie fig. 2 geval b). De brekingsindex voor trillingen evenwijdig aan de optische as zal hier dus, bij inachtneming van den onderlingen invloed, kleiner berekend worden dan de normale atoomrefracties geven. De gevonden overeenstemming tusschen berekende en waargenomen waarden was bij de beschreven benadering reeds zeer goed.

De sterker dubbelbreking van het met calciet isomorphe $NaNO_3$ is in overeenstemming met de kleiner afmetingen van de zuurstofdriehoek in het nitraat. De onderlinge invloed der dipolen is daardoor sterker.

Uit de bouw der CO_3-groep bleek dus sterke dubbelbreking te volgen voor kristallen, waarin deze groepen in evenwijdige vlakken gelegen zijn. Daarentegen wordt bijv. voor het tetraedrisch gebouwde SO_4-ion slechts geringe onderlinge beïnvloeding de zuurstofdipolen berekend; hieruit volgt dus dat voor de sulfaten op grond van hun atoom-configuratie slechts zwakke dubbelbreking te verwachten is. Ook dit is met het experiment in overeenstemming.

Bepaling der electronen-verdeeling in het atoom. De Röntgenanalyse kan nog verder gaan, dan tot de bepaling de atoom-liggingen in het kristal: zij vermag zelfs tot op zekere hoogte de electronen in het kristal te localiseeren. Daarbij put men de gegevens omtrent het aantal en de verdeeling der electronen in de atomen uit de mate, waarin het atoom de Röntgenstraling blijkt te verstrooien. Bijv. zijn uit metingen aan steenzout, de verstrooiende vermogens van het Na^+- en Cl^--ion bestudeerd. De waarden bij kleine afbuigingshoeken zijn in overeenstemming met het juiste aantal electronen, (10 voor Na^+ en 18 voor Cl^-), terwijl de analyse der hoekafhankelijkheid o. a. te voorschijn brengt dat het Cl^--ion een electronenschil (de M-schaal) méér heeft, dan het Na^+-ion, en wel *zonder dat eenige onderstelling daaromtrent is gevoerd.*

Nog een verder punt is door te dringen tot het primair verstrooiingsproces, tot de vraag of de verstrooiing door een electron goed is behandeld bij de aannamen: verstrooiing klassiek te berekenen en als voor een „vrij" en puntvormig electron. Interessante afwijkingen van elk dezer onderstellingen zijn vastgesteld. Aan lithiumhydride vond spreker voor de waterstof een verloop voor het verstrooiend vermogen, dat beter in overeenstemming is met het atoommodel der golfmechanica, dan met het oorspronkelijke Bohrmodel, met discrete electronen-banen.

Afbuiging door kristallen van electronenbundels: de materie-golven der golf-mechanica. Laatstgenoemde onderzoekingen wijzen op een eigenaardige, meer vervaagde bouw van het electron. Zeer merkwaardig zijn in dit opzicht de proeven, die in de laatste jaren door Davisson en Germer en G. P. Thomson en Rupp genomen zijn, waarbij electronen-bundels afgebogen blijken te worden op een wijze, geheel analoog aan de afbuiging van Röntgen-bundels door kristallen. Aan de electronen kan, afhankelijk van hun snelheid, een golflengte worden toegekend, welke in overeenstemming is met die, door de physici voor de materie-golven berekend.

De verschillende analyse-methoden met Röntgen-stralen — van één-kristallen, van kristalpoeder — zijn ook reeds met electronenbundels doorgevoerd. Doordat de electronen-bundels kleiner doordringingsvermogen hebben dan de Röntgenstralen, zijn de eerste ook geschikt voor de analyse van aan kristallen geadsorbeerde lagen, in tegenstelling met de Röntgenstralen, waarbij het effect van zulke lagen overstemd wordt door dat van het onderliggend kristal.

Het eerste voorbeeld hiervan is reeds gegeven door Davisson en Germer, die een zeer aannemelijke ligging voor de gasmoleculen, geadsorbeerd aan het oktaedervlak van een nikkelkristal, berekenden uit de afbuiging van een loodrecht op dit vlak invallende electronenbundel. Ook is aangevangen een onderzoek van het oppervlak van katalysatoren (o. a. van die voor de ammoniak-synthese) volgens deze interessante en veelbelovende methode.

Eenige practische chemische toepassingen. Tot slot werden, aan de hand van lantaarnplaatjes, nog kort eenige practische toepassingen der Röntgenanalyse van kristallen op verschillende gebieden der chemie gedemonstreerd.

BIORADIOACTIVITEIT

door

PROF. H. ZWAARDEMAKER.

Dames en Heeren,

Daar het een nieuw onderwerp geldt, ben ik U een definitie schuldig. Bioradioactiviteit is een straling van dezelfde soort als de radiumstraling, maar nu ontstaan en besloten blijvend in de levende wezens. Vooraf dan verder eenige woorden over straling in het algemeen. De van buiten tot ons komende straling groepeert zich bijkans geheel onder de heelalstraling, d.w.z. de straling der millioenen zonnen en de in den jongsten tijd ontdekte kosmische straling. De straling van onze eigen zon is natuurlijk de hoofdzaak en physische oorzaak van bijkans alles, wat op aarde geschiedt. In vergelijking met deze zonnestraling is de straling, die wij nietige menschen met onze werktuigen voortbrengen, nagenoeg niets. Daarnaast komt onder de van buiten komende straling nog de radioactieve straling, ontstaande in de dichte, zware atomen, die in den kern der aarde verscholen zijn. Daar de bioradioactiviteit, hoewel ontzaglijk veel zwakker, aan haar verwant is, zij het geoorloofd bij de radioactieve straling wat nader stil te staan.

Het meest typische radioactieve element is het radium. Reeds 1 mgr. van deze stof geeft een schijnsel, dat in weinige oogenblikken een photographische plaat blijvend aantast.

Een radiumatoom is 'n vrij ingewikkeld gebouw; 't bestaat uit een stipvormigen kern, waaromheen zich een groot aantal electronen in elliptische banen bewegen. Geheel toevallig, slechts beheerscht door de regels der waarschijnlijkheidsrekening, wordt een radium-

atoom bestemd om zich op te offeren en langs een reeks van explosies ten slotte te worden tot een loodatoom, dat de eeuwige rust ingaat. Het aantal van zulke atomen in een milligram, dat per tijdseenheid aan dit noodlot onderworpen wordt, is scherp bepaald, in elke secunde evenveel. Bovendien kan men met zekerheid bij deze explosies 3 soorten van straling onderscheiden. Men noemt ze: alpha-, beta-, en gamma-stralen. De eerste soort vormt, als het ware, de tijdens de eruptie uitgeslingerde rotsblokken, heliumatomen, beladen met 2 electrische eenheden; zij bewegen zich met de snelheid van ongeveer $^1/_{20}$ der lichtsnelheid en zijn weinig doordringend, zoodat ze door een blaadje papier worden tegengehouden. De tweede soort stelt, kan men zich denken, den aschregen voor. De nu geëmitteerde deeltjes zijn 8000 maal kleiner, aan electronen gelijk en beladen met één eenheid negatieve electriciteit. Zij bewegen zich met $^1/_2$ of $^2/_3$ van de lichtsnelheid en verbreiden zich in de lucht vrij ver. De derde soort is niet corpusculair. Zij is een lichtstraling, maar van uiterst kleine golflengte. Zij draagt geen electriciteit, maar kan ze wel wekken, wanneer zij uit de dichte atomen op haar weg electronen losmaakt. Deze lichtstraling is zeer doordringbaar. Het milligram radium, waarover wij zooeven spraken, zou ons geheele auditorium met gammastralen hebben gevuld.

Bespeuren wij nu iets van die onderaardsche radioactiviteit? Niet zoo bijzonder veel. Alleen verwarmt de warmte, die met deze explosies gepaard gaat, onze mijnschachten. Met de bronwateren, vooral de geneeskrachtige bronwateren, komen wat van de dichte explodeerende atomen omhoog. Daaronder zijn gasvormige, die uit de spleten van den bodem in de atmospheer dringen. Bovendien is er iets van de gammastraling, die begrijpelijkerwijs door de aardschors heengaat en zich voegt bij de verwante, nog veel doordringender kosmische straling te verwachten. Zij zal zelfs de meest afgesloten ruimte met eenige electriciteit weten te vullen (één ion per c.c.m.).

In 1906 hebben twee Engelsche physici, CAMPBELL en WOOD, in 2 lichte aardsche atomen een analoge radioactiviteit ontdekt, n.l. in de elementen kalium en rubidium. Maar ontzaglijk veel zwakker. Terwijl 1 mgr. radium per sec. aan milliard explosies onderworpen is, vertoont 1 mgr. kalium er slechts 1 of 2.

Dit kalium is voor de levende wezens een onmisbaar bestanddeel. Geen plant of dier is zonder. Ons eigen lichaam bevat misschien 40 gram van deze kostbare stof. Het gevolg is, dat daarin 40 à 80 duizend explosies per sec. voorkomen. Zouden wij ze kunnen zien, dan zouden wij in ons lichaam een dichten sterrenhemel aanschouwen. De verdeeling is echter ongelijk. In een menschenhart zullen per sec. ongeveer 1500 dezer explosies voorkomen. Zij zijn evenwel niet samengesteld gelijk in het machtige, verzengende radium. Zij behooren tot de beta-soort en emitteeren dus negatief geladen deeltjes van electrongrootte. Hun doordringingsvermogen in de weefsels is van dien aard, dat op 1 m.m. afstand de helft der energie is opgebruikt, op 2 m.m. een kwart daarenboven, enz. Telkens wanneer een beta-deeltje uitspringt uit den kern van het betrekkelijk eenvoudige kaliumatoom, verbreidt zich ook een gammaflikkering.

Men kan zich nu afvragen of deze ons geheele leven voortdurende illuminatie ook eenigen invloed op ons uitoefent? Onmogelijk is dit niet, want men weet, dat het geweldige radium bij de kankerbehandeling verschrikkelijke verwoestingen aanricht, doch bij kleine dosis in de dermatologie ook nuttig kan werken; dat emanatie ook den groei van planten kan bevorderen. Evenwel physiologische effecten waren toen ter tijde onbekend en men kon dus niet uitmaken of, hetgeen mogelijk kon worden geacht, ook werkelijkheid zou kunnen worden. Om in dit opzicht tot eene beslissing te komen, zou men uit het lichaam het kalium moeten kunnen wegnemen en zien, of de dan ontstaande stoornis door nieuwe radioactiviteit verdwijnt. Met een geheel lichaam is dit niet mogelijk, met geïsoleerde organen echter wel. Dit gaf aan-

leiding, dat men in 1916 de onmiddellijk na den algemeenen dood van een proefdier (prik, aal, kikvorsch, pad, schildpad) uit het lichaam genomen organen door uitwassching van het kalium ging ontdoen. Dit gelukte slechts voor de helft, doch dit is ook voldoende, want, wanneer een derde door middel van doorstrooming met een kaliumvrije zoutoplossing is verwijderd, houdt de functie op. Het eenvoudigst gelukt dit aan het hart, dat, wanneer zijn gehalte aan kalium beneden den drempel van $^2/_3$ is gedaald, zijn bewegingen en zijn electrische verschijnselen staakt; terwijl beide terugkeeren, wanneer men het kalium teruggeeft. Het bleek, dat niet de chemische eigenschappen van het element hieraan schuld zijn, want het is volstrekt niet noodig van kalium gebruik te maken. Ook rubidium, thorium, uranium, ionium, radium en emanatie kan dienen. En het herstel van functie is bij optimale dosis niet slechts van korten duur, maar kan uren, ja haast een geheel etmaal bestaan. Terstond viel op, dat hoe sterker de straling van het vervangende element, des te kleiner de dosis moet worden genomen. De zooeven afgedrukte reeks (Ru, Th, U, Io, Ra, Em.) geeft de elementen in opklimmende stralingskracht. In dezelfde volgorde dalen de doses, om tenslotte aan te komen bij een millioenste van een milligram per Liter. Merkwaardigerwijs is dit een vijftigmillioenste van de kaliumdosis, hetgeen in verband met het milliardvoudig verschil in straling tusschen radium en kalium zonder meer beslag op onze opmerkzaamheid legt. Maar het gaat eigenlijk minder om de doseering in de doorstroomingsvloeistof dan om de doseering in het orgaan. Om deze te leeren kennen is er één middel, n.l. de harten, die eenigen tijd, zeggen wij een uur, op een vervangend element hebben geklopt, te verasschen en de asch op haar straling te onderzoeken. Het bleek toen, dat zij onderling gelijk, aequiradioactief mag heeten!

Uit deze twee feiten: 1e. de vervangbaarheid van het kalium door alle radioactieve elementen, 2e. de aequiradioactiviteit der doseeringen, kan slechts één gevolgtrekking worden gemaakt, n.l.

deze, dat de straling, d.w.z. de radioactieve straling, de opwekker der functie is.

Hoe moet men zich intusschen de werking der zwakke kaliumstraling voorstellen? Uit het kaliumatoom, dat door het toeval aan de beurt is gesteld, wordt uit den kern een negatief geladen betadeeltje uitgeslingerd. Langs zijn enkele millimeters lange baan hebben 4000 miniatuurenergie overdrachten plaats, elk groot $0.7.10^{-10}$ erg. Deze kleine overdrachten moeten de uitwerking teweegbrengen. Maar dan kan men het beta-deeltje ook evengoed van buiten laten komen en door het oppervlaktevlies heen in het orgaan laten doordringen. Dit werd reeds in 1916 met goed gevolg beproefd. Daarna kwamen de atomen met alpha-straling aan de orde. Een alpha-deeltje geeft langs zijn veel kortere baan 160 000 energie overdrachten af, elk groot $0.6.10^{-10}$ erg. Ook dit had succes, waarbij men zich dan moet voorstellen, dat de meeste alphadeeltjes in het oppervlaktevlies blijven steken. Het is dus duidelijk, radioactieve straling van binnen of buiten, hetzij als inwendig herstelmiddel of in uitwendige toepassing hebben beide effect en kunnen, mits de doseering juist is gekozen, een hart haast duurzaam althans vele uren aan den gang houden. In dit opzicht zijn de kunstmatig aangebrachte radioactiviteiten gelijkwaardig met de natuurlijke kaliumstraling, die overal in de weefsels, zij het ook in ongelijke verdeeling, heerscht.

In die dagen is nog een tweede hoogst opmerkelijke wet aan het licht gekomen. Alle radioactieve straling, òf α, òf β, òf γ, werkt physisch in de zelfde richting. Zij zwarten de photografische plaat, zij maken de lucht geleidend, zij lichten, enz. Waar zij samenwerken, versterken zij elkaar. In de weefsels echter is dit niet het geval. Daar werken alpha- en beta-stralen elkaar tegen. De gemmastralen, hoewel zwak in uitwerking, staan in dit opzicht aan den kant der beta-stralen. Deze wet van het vitale radioantagonisme geldt zoowel voor de tegenstelling lichte en zware atomen als voor de tegenstelling beta- en alphastralen in de uitwendig naast het

orgaan geplaatste praeparaten. Door de hoeveelheden der tegenstrijdige invloeden nauwgezet af te meten, kan men een stilstand van het orgaan tot stand brengen, welke men als een gevolg van een evenwicht mag beschouwen. Allerlei factoren kunnen zulk een evenwicht verbreken, waarmee een wijd veld van onderzoek ingeleid is.

In de drie laatste jaren is men meer gerekte proeven gaan nemen. Men heeft langer gewacht, ¼, ½, 1, 2 uren, enz. voor men met uitwendige straling een aanvang maakte. Dan liet het herstel van het middelerwijl voortdurend doorstroomde orgaan ook langer op zich wachten. Dit deed het vermoeden rijzen, dat de straling, noch de inwendige, noch de uitwendige, nimmer rechtstreeks werkt, maar altijd door tusschenkomst van een chemische stof, die door de straling verwekt, als tusschenschakel dient. Zoo levendig begon deze tusschenstof den proefnemers voor den geest te staan, dat zij haar alvast een naam gaven en *automatine* doopten. Het kwam er nu maar op aan haar niet alleen te veronderstellen, maar te trachten haar ook in handen te krijgen.

Om tot dit laatste te geraken, mag men echter het spoelsel, waarmede de harten werden doorstroomd, niet vrij laten wegvloeien, maar wordt men genoopt, dezelfde vloeistof altijd weder opnieuw door het hart te voeren, gelijk dit ook in ons eigen organisme, bij den bloedsomloop, geschiedt. Doet men dit, dan verzamelt zich misschien allengs iets van de gezochte stof in de doorstroomingsvloeistof en mag men hopen, dat deze, toegediend aan een ander hart, dat door kalium-onttrekking tot stilstand is gebracht, dit laatste tot ontwaken zal brengen. Met een gewoon hart in kringloop, als gever, geschiedt echter niets bijzonder. Geen wonder, want alles is dan in evenwicht. Anders echter, wanneer men een bestraald hart tot gever maakt. Dan hoopt zich extra-automatine in de kringloopvloeistof op en kan bij overtapping naar een ander stelsel in dit laatste automatisch herstel te voorschijn roepen.

Men kan ook een andere methode volgen en twee harten in

éénzelfden kringloop brengen, waarvan men één bestraalt, het andere onbestraald laat. Dan begint eerst het bestraalde, daarna het tweede te kloppen! Door deze en dergelijke proeven werd het bestaan van automatine bewezen en merkwaardigerwijze zoowel bij alpha- als bij beta-bestraling.

De eigenschappen dezer stof of van deze twee stoffen konden weldra eenigszins nader worden vastgesteld. Behalve oplosbaarheid en dialyseerbaarheid in water, vond men oplosbaarheid in alcohol, onoplosbaarheid in aether, de mogelijkheid haar onder hoogen druk door filters te drijven. De stof of de stoffen moeten dus van betrekkelijk eenvoudigen bouw zijn.

Maar duidelijk is het tegelijk ook, dat zij door straling uit een moederstof moeten ontstaan. Ook deze moederstof ontving een naam *automatinogeen*. Ook zij heeft nagenoeg dezelfde eigenschappen.

Het is duidelijk, een onderzoek als dit, kan niet rusten. Men dient te weten, waar het automatinogeen vandaan komt, waar het zich in de dierlijke wezens bevindt, waar het in automatine veranderd wordt en welke organen onder den invloed van dit laatste kunnen worden gebracht.

Het automatine en het automatinogeen werden samen in het bloed aangetroffen van allerlei dieren. De stoffen konden van de organen van de eene diersoort op de andere worden overgebracht. Zij bleken dus niet soort-specifiek te zijn. Ook bleek haar invloed zich over een aantal organen te verbreiden. Behalve het hart zijn de ingewanden, de uterus, de zenuwovergangen, de nierschors aan den invloed der straling onderworpen. Het laat zich dus verwachten, dat de automatines werkelijk automatie-verwekkende stoffen in algemeenen zin mogen heeten.

Evenwel, de eene vraag beantwoord, rijst terstond een andere. Is het automatinogeen endogeen of exogeen, d.w.z. wordt het in de weefsels zelf bereid of wordt het met het voedsel binnengebracht? Is het een eenheidsstof of is er een groep van automati-

nogenen? Merkwaardig is het, dat reeds is vastgesteld, dat sommige stoffen van verwanten aard als histamine en vitamine B (Eykman, Jansen, Donath), vooral na bestraald te zijn, het kloppen van een koudbloedig hart kunnen wekken. Voor het hart van een warmbloed is echter tot dusver het automatine de eenige stof gebleken.

Behalve het ontstaan is ook het verder gebeuren met automatine in duister gehuld. Verbruikt, gelijk het voedsel, wordt het niet, want men kan verscheidene malen achtereen met dezelfde automatinevloeistof telkens nieuwe harten aan het kloppen brengen.

Intusschen, de tijd dringt, en U in te mogen wijden in alle mysterieën van het automatisme is mij, helaas, niet gegund.

Ik heb gezegd.

PERIODISCHE VERSCHIJNSELEN IN DE NATUUR

door

DR. BALTH. VAN DER POL.

Periodische verschijnselen komen wij in het dagelijksch leven overal tegen. Wij herinneren aan de regelmatige weerkeer van de jaargetijden, die door den relatieven stand van de aarde ten opzichte van de zon met groote nauwkeurigheid wordt bepaald. Bij het luisteren naar radio-ontvangst realiseert zich niet een ieder, dat wij daar te doen hebben met trillingen met een tijdsduur van de orde van 1 millioenste seconde, zoodat zich elke volgende millioenste seconde nauwkeurig hetzelfde herhaalt, wat de vorige millioenste seconde is geschied. Het licht is, volgens de klassieke opvattingen, ook een scherp gedefinieerd periodiek verschijnsel met een periode van de grootte-orde van 10^{-15} seconde. Wanneer een tram in de bocht krast of een la of deur piept, dan hebben wij wederom met periodieke verschijnselen te doen, maar ditmaal niet in den aether, maar met een geluidstrilling, waarbij derhalve de luchtdruk kleine periodieke veranderingen ondergaat. Een ander voorbeeld is een klok, die seconden tikt; nog een ander voorbeeld: de hartslag. Voorts kent men de regelmatige terugkeer van depressies en maxima in het handels- en economische leven. Deze maxima en minima herhalen zich op min of meer geregelde tijden met tusschenpoozen van eenige jaren. De regelmatigheid van de terugkeer is in het laatste geval natuurlijk lang niet zoo scherp en mooi als bij het voorbeeld van de klok. Ook zal het U bekend zijn, hoe OSWALD SPENGLER in zijn werk *„Der Untergang des Abendlandes"* probeert

aan te toonen, hoe de hoogtepunten van de cultuur in den loop der eeuwen zich op meer of minder regelmatige wijze herhalen. Voorts vinden wij nog een voorbeeld van een periodisch verschijnsel in de veranderlijke sterren van het *Cepheiden* type, waarvan de lichtsterkte fluctueert met een periode van eenige weken, EDDINGTON's „pulsating stars", waarvan men veronderstelt, dat de bollen periodisch grooter en kleiner worden, terwijl bij de verkleining de temperatuur wordt verhoogd en daarmede de lichtsterkte. Vele andere voorbeelden volgen nog later.

Het zal uit de genoemde voorbeelden duidelijk zijn, dat men op het eerste gezicht reeds deze periodische verschijnselen in twee groepen kan splitsen: de eerste groep, waarbij de periode rigoreus constant is en een tweede groep, waarbij de periode minder scherp constant is, en het verschijnsel zich daarom niet zoo nauwkeurig op gezette tijden herhaalt. Deze onderscheiding in de twee genoemde groepen en het verband tusschen deze groepen werd spreker het eerst duidelijk uit een diepergaande mathematische studie van deze verschijnselen; en ofschoon wij thans van geen enkele mathematische uitdrukking gebruik zullen maken, ligt toch aan wat wij hedenavond zullen behandelen de wiskunde geheel ten grondslag, zoowel wat betreft de algemeene gezichtspunten, als de behandeling van meerdere details.

I. De eerste groep trillingen of periodische verschijnselen (want hetzij de periode een jaar duurt, hetzij die periode slechts 10^{-15} seconde bedraagt, mathematisch spreken wij hier van een trilling), waarbij de frequentie zoo mooi nauwkeurig constant is, is verder gekarakteriseerd door den vorm der trillingen, die zeer dicht bij den z.g. enkelvoudig harmonischen trillingsvorm of sinusoïde ligt. Dit is bijv. het geval bij de trillingen, in de draadlooze telefonie in gebruik en bij de trillingen, uitgevoerd door een slinger.

Wanneer men nu de frequentie bijv. van een radiozender wil

meten (frequentie = het aantal slingeringen per seconde), dan lijkt dit op het eerste gezicht betrekkelijk eenvoudig, want de bepaling komt neer op het uittellen van het aantal trillingen, dat de zender in 1 seconde uitvoert. Het meten van de frequentie van de radiostations is zeer belangrijk, omdat een nauwkeurig vasthouden aan de frequenties de onderlinge storingen van radiostations voorkomt. Spreker heeft reeds sinds eenige jaren als lid van de Commission technique van de *Union Internationale de Radiophonie* aan de internationale regeling ter voorkoming van onderlinge storingen een actief deel genomen. Het bleek hem daarbij, dat, wanneer er thans nog onderlinge storingen, vooral in het kortegolfgebied voorkomen, dit hoofdzakelijk te wijten is aan onnauwkeurige constantheid van de frequenties der zenders van enkele, meest niet centraal gelegen, Europeesche landen. Dit meten van de frequentie van een radiozender komt dus neer op tellen, wat niet moeilijk is, maar verder ook op de nauwkeurige kennis van den tijdsduur van 1 seconde. Bij de regeling van het internationaal radioverkeer worden steeds hooger eischen gesteld aan de juiste instelling van de frequentie van de zenders, om onderlinge storingen te voorkomen, en wanneer men deze instelling met een hoogen graad van nauwkeurigheid wil doen, stuit men spoedig op moeilijkheden, verband houdende met de juiste kennis van den tijdsduur van 1 seconde. De beste klokken, waarmee de seconde gemeten kan worden, zijn de astronomische uurwerken, die echter door kleine mechanische gebreken, als kleine ongelijkheden in de tanden van het échappement, niet volkomen constant loopen. Bij voorbeeld verloopt de standaardklok van het Observatorium te Parijs van het *Bureau International de l'heure*, vergeleken met de sterren, ongeveer 1/10 seconde per dag. De klok wordt n.l. gecontroleerd door de waarneming van de meridiaan-passage van een bepaalde ster en men weet dus, hoeveel de klok na 24 uur is verloopen; maar hoe groot de fouten van de aanwijzingen van het uurwerk in den tusschentijd geweest zijn, daarvan heeft men zonder meer

door deze waarnemingen geen gegevens. Wel is gebleken, dat seismische storingen (kleine aardbevingen), waarvan men zonder gevoelige instrumenten niets bemerkt, invloed hebben op den gang van astronomische uurwerken en daarom worden dikwijls twee uurwerken opgesteld in twee onderling loodrechte, verticale vlakken, omdat de invloed van de seismische storingen, die zich in het vlak van de ééne klok voortplanten, anders is dan de invloed van de storing in het vlak, dat zich loodrecht op het eerste bevindt. Aan de ophanging van deze klokken wordt dan ook zeer veel zorg besteed. Zij hangen in een omgeving van constante temperatuur, constanten luchtdruk en constante vochtigheid; in Parijs bijv. in een kelder van 27 Meter diepte. De aanwijzing van zoo'n klok wordt electrisch overgebracht naar den beganen grond, omdat, wanneer men zich in de buurt van de klok bevindt, dit al een merkbaren invloed op den gang veroorzaakt. Intusschen is gebleken door onderzoekingen van FERRIÉ en JOUAUST [1]), dat zelfs met al deze voorzorgsmaatregelen opeenvolgende seconde-tikken, als gevolg van kleine mechanische onnauwkeurigheden in het échappement, onderling 1/100 seconde uit elkaar kunnen loopen. Wanneer men derhalve een astronoom vraagt, hoe laat het is, zal hij dit niet binnen 1/50 of 1/100 seconde nauwkeurig kunnen zeggen.

Voor het nauwkeurig constant houden van de frequentie van radiozenders wordt in Engeland bij verschillende stations, zoowel voor den omroep als voor transoceanische telegrafie, een stemvork gebruikt. Het bezwaar, dat de trillingen van een éénmaal aangeslagen stemvork automatisch wegdempen, wordt overwonnen, door deze trillingen op constante amplitude te houden met behulp van trioden. Door groote voorzorg in de keuze van het materiaal van de stemvork en van de electrische ketens, is men er aldus in geslaagd, de frequentie tot op $1 : 10^5$ constant te houden en zelfs kan men aldus een tiental omroepzenders van een unifrequentie-systeem

[1]) Onde électrique, Octobre 1929.

sturen, die verschillende ver uit elkaar gelegen steden van een programma voorzien.

Een andere methode, om de frequentie van ultrakortegolfzenders nauwkeurig constant te houden, wordt nog gebruikt bij de Philips' kortegolf-telefoniezenders P C J te *Hilversum* en P H I te *Huizen*, waar gebruik gemaakt wordt van een uit een kwartskristal geslepen plaatje van de grootte van een gulden, dat mechanische trillingen uitvoert met een frequentie van ca. 1.000.000 trillingen per seconde. Het kristal bevindt zich in een thermostaat, waarvan de temperatuur automatisch nauwkeurig constant wordt gehouden, en hiermede is een voor de techniek alleszins voldoende constantheid van de frequentie gewaarborgd.

Recente onderzoekingen van MARISSON in Amerika [1]) hadden ten doel, de constantheid van de frequentie van zoo'n trillend kwartskristal tot het uiterste op te voeren, waarbij allerlei verfijnde maatregelen noodzakelijk bleken, zooals het gebruik van een ringvormig plaatje kwarts, in plaats van een schijfje, op de juiste manier uit het kristal gesneden. Bovendien werden hooge eischen gesteld aan de constanthouding van de temperatuur, den luchtdruk en de vochtigheid van de omgeving, waarin het kristal zich bevindt. In het kort, wij vinden hier alle voorzorgsmaatregelen weer terug, die wij ook bij de astronomische uurwerken al vermeldden. Genoemde experimentator is er dan ook in geslaagd, een frequentieconstantheid te bereiken met kwartskristallen, die gelijk is, en zelfs in menig opzicht nog beter, dan die van een astronomisch uurwerk, zoodat de voorspelling niet te gewaagd is, dat in de naaste toekomst de nauwkeurigste tijdmeetinstrumenten misschien niet meer de astronomische uurwerken zullen zijn, maar de kwartsoscillatoren. Mocht dit inderdaad het geval zijn, dan zal een belangrijke bijdrage tot de astronomische instrumenten gekomen zijn uit het gebied der wetenschappelijke radio-onderzoekingen, ook, omdat het daarbij

---

[1]) Bell System Technical Journal. Aug. 1929.

benoodigde deelen der frequenties, waarop wij straks nog nader zullen terugkomen, geen moeilijkheden meer biedt.

Als ander voorbeeld van een sinusvormig trillend systeem toon ik U een klein, aan het einde verzwaard kwartsstaafje, dat in een vacuum is gesmolten. Doordat de luchtwrijving afwezig en de interne frictie van kwarts zeer gering is, blijft dit staafje, wanneer het eenmaal aangeslagen is, zeer langen tijd trillen.

De onder I genoemde oscillatoren, waartoe wij ook de planeten kunnen rekenen, worden gekenmerkt door de volgende eigenschappen:

1). een groote mate van constantheid in hun frequentie,
2). hun trillingsvorm is sinusoïdaal,
3). dergelijke systemen vertoonen een scherpe resonantie, wanneer zij van buitenaf beïnvloed worden door een sinusoïdale kracht.

Men kent het resonantie-effect, waarbij een trillende stemvork een andere stemvork, die nauwkeurig op de eerste is afgestemd, op een afstand van eenige meters van de eerste verwijderd, aan het trillen kan brengen. Ook het militaire voorschrift, dat een troep soldaten, die over een brug gaat, niet in de pas mag loopen, berust op het resonantie-verschijnsel, omdat, mocht toevallig de eigen periode van de brug in resonantie zijn met de gemeenschappelijke pas der soldaten, de brug een zoodanige amplitude zou kunnen krijgen, dat gevaar voor destructie zou ontstaan. Voorts is bekend de scherpe afstemming van een radio-ontvanger, die alleen op een zender aanspreekt, wanneer de frequentie van den ontvanger gelijk gemaakt wordt aan de frequentie van een binnenkomend signaal. Een zeer recente ontwikkeling op dit gebied, zoo gaan de geruchten, werd hieraan in de laatste weken gegeven door Dr. Robinson in Engeland in een ietwat geheimzinnigen radio-ontvanger, die hij „*Stenode*" noemde, en die zoo selectief zou werken, dat er misschien voor tienmaal meer zendstations ruimte zou zijn.

Wat hiervan zal groeien is door gebrek aan gegevens op het oogenblik nog moeilijk te zeggen.

Samenvattend kunnen wij dus, wat de eerste groep van oscillatoren betreft, de harmonische oscillatoren, zeggen, dat deze gekenmerkt zijn door groote constantheid in hun frequentie, sinusvormigheid van hun trillingen en zeer scherp geprononceerde resonantie-verschijnselen, waarbij de amplitude van den oscillator door een uitwendige, kleine, periodische kracht, die nauwkeurig in resonantie is met de eigen frequentie van het harmonische systeem, aanmerkelijk kan worden vergroot. De frequentie van het systeem kan door zulk een uitwendige, periodische kracht praktisch niet worden veranderd en deze is eens voor al bepaald door de elastische eigenschappen van den oscillator en zijn massa of door analoge physische grootheden.

II. Bezien wij thans de tweede groep van trillingen nader.

Zooals reeds werd opgemerkt, zijn de laatste groep trillingen gekarakteriseerd door een minder scherp constante periode, hetgeen zijn oorzaak vindt in het feit, dat bij deze soort schommelingen de trillingstijd niet bepaald wordt door een massa en een elasticiteit (welke twee grootheden door uitwendige omstandigheden niet zoo gemakkelijk veranderd worden), maar door een opwarmtijd, oplaadtijd, diffusietijd, aflektijd, vollooptijd, in het kort: een relaxatietijd. Om deze reden werd dan ook voor dit soort trillingen de naam *relaxatietrillingen* voorgeslagen. Zij ontstaan, wanneer door het een of ander mechanisme, dat een energiebron bevat, een typisch aperiodisch verschijnsel zich automatisch periodisch herhaalt. De karakteristieke eigenschappen van een dergelijk periodisch verschijnsel worden het beste weergegeven met behulp van een om een horizontale as met aanslagen voorzien bakje, dat een verticaal tusschenschot bevat. (Zie figuur 1). De werking is als volgt: Wanneer eerst het bakje op den linker aanslag (A) rust, zal uit een boven het bakje geplaatste opening (C), waaruit water

stroomt, de rechterhelft zich geleidelijk vullen; is deze kant volgeloopen, dan zal het bakje om de as (D) kantelen, uit de rechterhelft zal het water wegvloeien, en de linkerhelft, die zich thans onder de uitvloei-opening (C) bevindt, zal zich vullen. Wanneer de

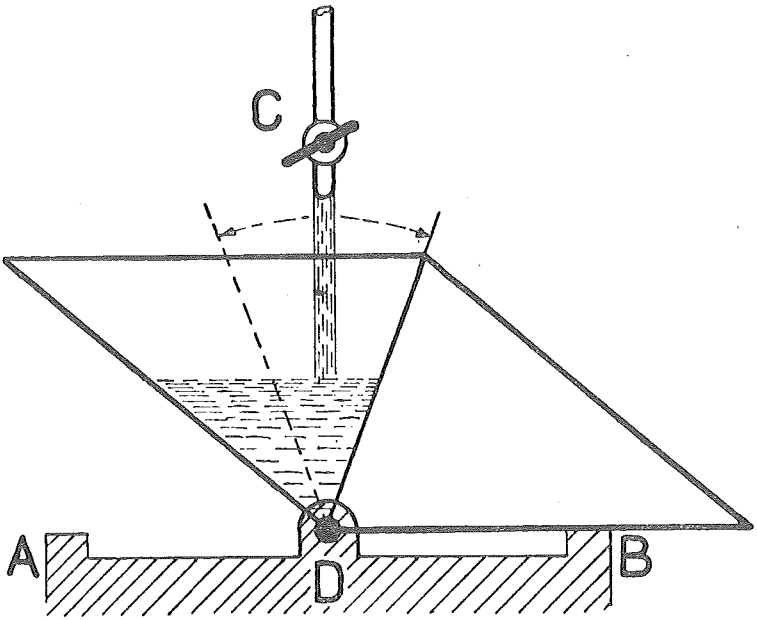

Fig. 1. Waterbakje met tusschenschot, dat zich om de as D kan draaien. Wanneer de kraan C opengezet wordt, zal zich eerst de linkerhelft van het bakje vullen, totdat het topzwaar wordt en omslaat. Daarop zal het rusten op den aanslag A, de linkerhelft zal leegloopen, de rechterhelft zich vullen, waarna het naar rechts kantelt, enz., zoodat een periodische beweging ontstaat.

linkerhelft volgeloopen is, wordt het systeem topzwaar, d. i. labiel, en het bakje zal naar links kantelen, waarna de linkerhelft leegloopt. Daarna zal de rechterhelft zich weer vullen en zoo zal het verschijnsel periodisch worden met een periode, die gegeven is door een vollooptijd, welke op zijn beurt afhangt 1e. van de wijdte van

de toevoeropening (C), dus van een weerstand, en 2e. van de grootte van het bakje, een „capaciteit".

Het electrische analogon van deze mechanische proef vindt men in de telkens na eenige seconden terugkeerende vonken van een electriseermachine, die voorzien is van kleine Leidsche flesschen. Deze worden door het draaien van de machine geladen, totdat labiliteit optreedt, een vonk overslaat, het systeem zich ontlaadt, waarna de condensatoren zich weer laden, weer een vonk optreedt, enz.

In de natuur vindt men tal van voorbeelden van relaxatietrillingen. Daar onder meer een weerstand, of een analogon daarvàn, de frequentie van een relaxatietrilling bepaalt, is het duidelijk, dat de weerstandslooze beweging van de planeten niet tot dit gebied, doch tot dat der sinustrillingen behoort; maar de meeste der in de natuur voorkomende en met dissipatie van energie gepaard gaande, periodische verschijnselen, waarbij dus een weerstand in het spel is, behooren tot het type der relaxatietrillingen.

Wij laten nog eenige voorbeelden volgen.

Het zingen van de telegraafdraden en het loeien van den wind in het want van een schip (de oude Aeolusharp) werd verklaard door STROUHAL en Lord RAYLEIGH door de aanwezigheid van kleine luchtwervels, die afwisselend boven en onder den telegraafdraad ontstaan en wegdiffundeeren, zoodoende plaatsmakend voor volgende wervels. De toonshoogte heeft niets te maken met de spanning van den telegraafdraad, maar wordt slechts door de snelheid van den wind en de dikte van den draad bepaald.

Andere voorbeelden zijn: het krassen van een mes op een bord, het piepen van een lade of deur, het wapperen van een vlag, het gebrom van de kraan van de waterleiding, een zingende theeketel. Wanneer men met een stukje krijt een rechte lijn trekt op een schoolbord en het stukje krijt van zich af beweegt, terwijl men het een hoek laat maken met het vlak van het bord van ongeveer 45°, zal men een mooie stippellijn kunnen verkrijgen, waarvan de

periode bij het ontstaan weer door een relaxatietijd gegeven is.

Op electrisch gebied hebben wij fraaie voorbeelden van relaxatietrillingen in de radioschakeling, bekend als multivibrator van ABRAHAM en BLOCH; voorts in de tetrode multivibrator [1]), de reeds genoemde periodische vonk van een electriseermachine, de WEHNELT onderbreker, de periodisch zichzelf onderbrekende ontlading door een Neonbuis (Ne) in de schakeling van figuur 2, waarin E een

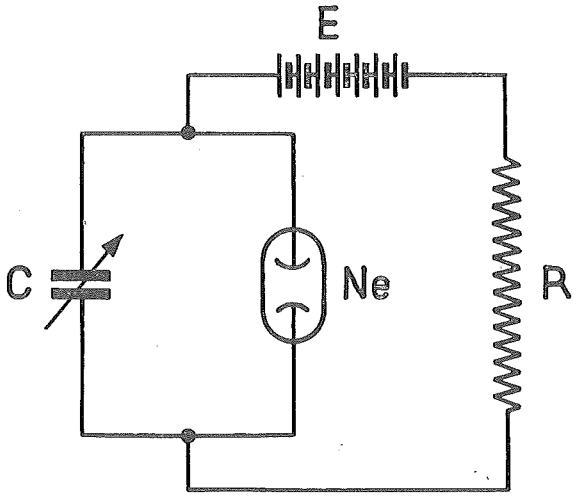

Fig. 2. Schakeling voor het opwekken van een relaxatietrilling.
Ne = Neonlamp; C = Capaciteit; R = Weerstand; E = Batterij.

batterij voorstelt van b.v. 180 V spanning, R een weerstand van b.v. 10^6 Ohm, en C een capaciteit van 1 μ F. Met deze grootheden zal de neonlamp ongeveer éénmaal per seconde kort oplichten en het verschijnsel zich onbepaald lang herhalen.

Nog een voorbeeld van relaxatietrillingen is gegeven in het periodisch ompolen van een met constante snelheid gedreven serie-dynamo, die een groote capaciteit voedt. Dit verschijnsel,

[1]) Tijdschrift v. h. Nederl. Radio Genootschap 3, 25, 1926.

dat reeds lang in de electrotechniek bekend was, en waarvoor de verklaring tevergeefs werd gezocht, kon met behulp van de theorie der relaxatietrillingen zelfs numeriek eenvoudig worden ingezien.

Nog een ander voorbeeld van relaxatietrillingen vindt men in de bekende „aan en uit" lamp, waarbij in den voet van de lamp een verwarmingsspiraaltje is aangebracht, dat een stukje bimetaal verhit, dat zich vervolgens buigt en een contact verbreekt. De periode van het verschijnsel wordt hier dus bepaald door een opwarmtijd.

In de meteorologie kent men het verschijnsel van het „afbuien", een verschijnsel, dat zich vaak voordoet na een depressie, waarbij om het uur de lucht betrekt, een plasregen valt, de lucht opklaart met groote cumuli wolken, vervolgens de lucht weer betrekt, het gaat regenen en het genoemde verloop zich niet zelden verscheidene malen herhaalt. De theorie hiervan wordt gegeven door het periodisch labiel worden van warme luchtlagen in de atmosfeer.

Ook de biologie, zoowel wanneer men statistische dan wel dynamische problemen beschouwt [1]), levert tal van voorbeelden van relaxatietrillingen, als: de periodische terugkeer van epidemieën, het parasietenprobleem van LOTKA [2]), en voorts het visschenprobleem van VOLTERRA [3]), hetgeen als volgt luidt: Gegeven in een zee een vischsoort, laten wij zeggen: tongen. Laat er voor deze tongen steeds voldoende voedsel aanwezig zijn; bij het alleen voorkomen van deze tongen zou dus het aantal daarvan met den tijd exponentieel toenemen. Bovendien is echter in dezelfde zee ook een tweede vischsoort aanwezig, laten we zeggen: haaien [4]). Wij nemen verder aan, dat het eenige voedsel voor deze haaien

---

[1]) Zie in verband hiermede de voordracht van Prof. Dr. T. A. F. C. WENT, *Periodische verschijnselen in het plantenrijk*, Werken v. h. Genootschap t. b. v. Natuur-, Genees- en Heelkunde 2, 12, 440, 1927.

[2]) A. J. LOTKA, Physical Biology, Baltimore, 1925.

[3]) V. VOLTERRA, Journal du Conseil international pour l'exploration de la Mer, Vol. III, No. 1, 1928.

[4]) De keuze van haaien en tongen is hier alleen geschied om de gedachte te bepalen en de beschrijving te vereenvoudigen.

de tongen zijn. Waren dus deze tongen niet aanwezig, dan zou het aantal haaien met den tijd exponentieel tot 0 naderen en de haaien zouden derhalve bij gebrek aan voedsel uitsterven. LOTKA (loc. cit.) en VOLTERRA (loc. cit.) vragen zich nu af, hoe het met het aantal tongen en het aantal haaien als functie van den tijd gesteld zal zijn, en zij beschouwen de differentiaalvergelijkingen, die aan genoemd probleem ten grondslag liggen. Zonder op de mathematische analyse in te gaan, voelt men reeds, wat er gebeuren zal: De haaien zullen oorspronkelijk een groot aantal tongen vernietigen. Daarbij neemt natuurlijk het aantal tongen sterk af, zoodat hierna de haaien niet veel voedsel meer vinden. Daardoor

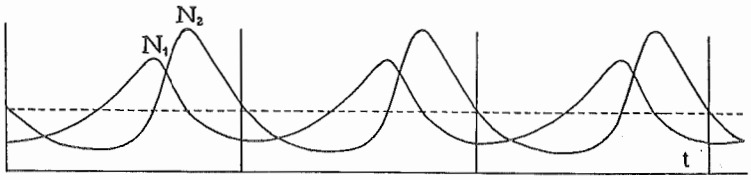

Fig. 3. Het periodisch verloop met den tijd van het aantal haaien en het aantal tongen, met de voorwaarde, dat de tongen steeds genoeg voedsel vinden en de haaien slechts de tongen als voedsel hebben. Theoretische krommen naar Volterra.

zal het aantal haaien door afsterving sterk terugloopen, terwijl inmiddels de tongen gelegenheid krijgen, zich te vermenigvuldigen. Daarna zal er voor de weinige haaien voldoende voedsel aanwezig zijn, en het haaienaantal zal weer sterk toenemen ten koste van de tongen, en automatisch herhaalt zich vervolgens de genoemde periode.

In figuur 3 geven wij een grafische voorstelling (door VOLTERRA afgeleid uit differentiaalvergelijkingen) van N_1 het aantal tongen, en N_2 het aantal haaien als functie van den tijd. Hoe beide aantallen met een phase-vertraging periodisch toenemen en vervolgens weer afnemen, volgt ten duidelijkste uit deze figuur. Het is evident,

dat de periode van dit verschijnsel wederom gegeven is door eenige relaxatietijden, nl. de tijden, noodig voor de tongen en de haaien, om hun aantal op een bepaald veelvoud te brengen.

Een verdere interessante conclusie volgt nog uit genoemde mathematische beschouwing: wanneer men nl. op het juiste moment tongen wegvischt uit de zee, zullen de haaien als gevolg van gebrek aan voedsel in aantal zoo terugloopen, dat het daaropvolgende maximum van het aantal tongen hooger komt te liggen dan het vorige. Wij hebben hier dus de paradox, dat het wegvisschen van tongen, het aantal tongen, dat zich later voordoet, kan doen vergrooten. Het is interessant, op te merken, dat genoemde beschouwing geheel experimenteel geverifieerd werd gevonden nadat, tijdens den oorlog, de vischvangst in de Adriatische Zee sterk was gereduceerd.

Andere voorbeelden van relaxatietrillingen in de biologie vindt men in: het rillen of klappertanden van de koude, de menstruatie der vrouw, de hartslag, en tenslotte in het slapen der bloemen en in het algemeen in de nyctinastische bewegingen van bladeren en bloemen.

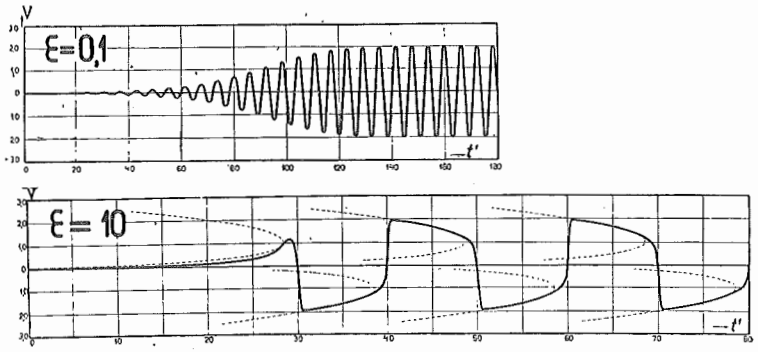

Fig. 4. De eerste figuur ($\varepsilon = 0{,}1$) stelt de berekende kromme voor van het volledige aanloopverschijnsel van een sinusoïdale trilling, terwijl de onderste figuur de oplossing is van dezelfde differentiaalvergelijking, doch met een anderen parameter ($\varepsilon = 10$), waardoor een typische relaxatietrilling ontstaat.

Het zou ons te ver voeren om tot de mathematische details van genoemde verschijnselen af te dalen, maar de resultaten van uitvoerige analytische beschouwingen leiden tot twee karakteristieke oplossingen van een differentiaalvergelijking, welke weergegeven zijn in figuur 4, waarin de eerste kromme duidelijk laat zien het aanloopen van een sinustrilling, die na zeer veel perioden eindelijk een constante amplitude bereikt, terwijl de tweede kromme een oplossing van dezelfde vergelijking weergeeft — slechts met een anderen parameter — die een typische relaxatietrilling voorstelt. Men ziet, hoe hier na praktisch één slag het verschijnsel periodisch is geworden, terwijl in de relaxatietrilling het discontinue omslaan als gevolg van het labiel worden van het systeem, duidelijk naar voren treedt.

Men zou de vraag kunnen stellen, of men op genoemde biolo-

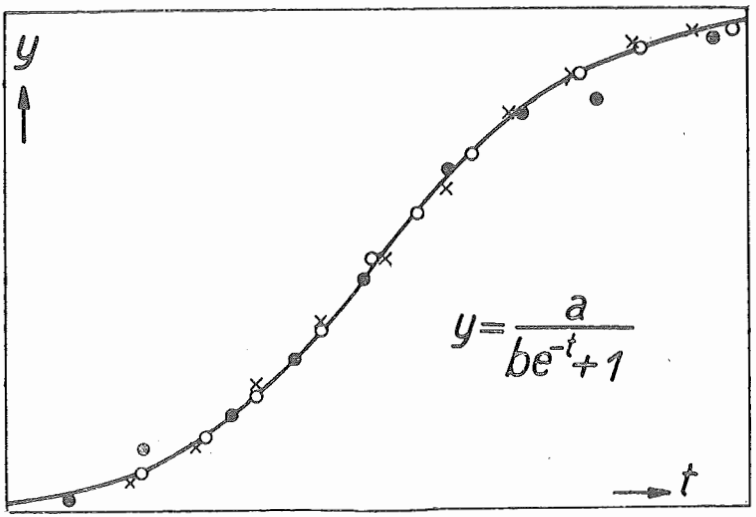

Fig. 5. De kromme is een afbeelding van de in de figuur aangegeven vergelijking.
oo = aanloopen van amplitude van triodetrillingen;
●● = toename van drosophyla;
× × = groei van zonnebloemplanten.

gische verschijnselen de wiskunde mag toepassen. Ons inziens moet het antwoord luiden, dat, wil men de verschijnselen niet alleen qualitatief, maar ook, wat een veel hoogere eisch is, quantitatief beheerschen, de mathematische analyse moet worden aangewend.

In figuur 5 geven wij een voorbeeld van hoe dezelfde mathematische betrekkingen soms gelden op geheel verschillende gebieden. De kromme van fig. 5 is de grafische voorstelling van de in de figuur gegeven formule, die het aanloopen van de amplitude van een triode oscillator (radiozender) voorstelt [1]).

De oo geven de gemeten waarden van deze amplitude als functie van den tijd weer. In dezelfde figuur vindt men ●●, welke volgens PEARL en REED de toename weergeven van drosophyla („fruit flies").

Ook een experimenteele bevolking in een bacterie-kolonie of van parasieten groeit op dezelfde wijze.

Tenslotte geven de × × de gemeten hoogte weer van zonnebloemplanten als functie van den tijd, die derhalve geheel dezelfde wet volgt.

Uit genoemde voorbeelden volgt ten duidelijkste, hoe in verschillende gebieden dezelfde mathematische betrekkingen kunnen voorkomen en het is dan ook geenszins uitgesloten, dat in een geval, waar de analyse, toegepast b.v. op een bevolkingsprobleem, groote analytische moeilijkheden met zich zou brengen, men met behulp van triode trillingen in het physisch laboratorium modellen met succes bestudeert, die ons een experimenteele oplossing van het probleem verschaffen.

Beschouwen wij thans de eigenschappen van relaxatietrillingen iets nader.

Bij de sinustrillingen zagen wij reeds, bij de beschouwing van

---

[1]) Tijdschr. v. h. Nederl. Radio Genootschap, Oct. 1920. LOTKA, loc. cit., pag. 66.

resonantie, dat een uitwendige periodische kracht, vooral wanneer diens frequentie dicht ligt bij de eigen trilling van het sinusoïdale systeem, de amplitude hiervan zeer geprononceerd kan doen veranderen. Dit is niets anders dan de definitie van resonantie.

Bij relaxatietrillingen daarentegen zijn de verschijnselen geheel anders, zooals men eenvoudig kan inzien uit de proef met het kantelende waterbakje, waar resonantie geheel ontbreekt. Wanneer men nl. de watertoevoer daar niet constant houdt, maar b.v. elke seconde de toevoerkraan periodisch een kort moment openzet, zoodat meer of minder discontinu elke seconde een bepaalde hoeveelheid water wordt toegevoerd, dan zal b.v. bij de zesde hoeveelheid het bakje naar de eene zijde kantelen en vervolgens bij de twaalfde terugkantelen, enz. Het kantelen geschiedt pas, als de hoeveelheid water, die in het bakje aanwezig is, dit laatste topzwaar maakt. Door discontinue, periodische toevoer van het water kan dus de *amplitude* van de relaxatietrilling niet beïnvloed worden, daar deze steeds gegeven is door het topzwaar worden van het bakje. Wel zal het systeem precies automatisch synchroniseeren met een onderharmonische van de periode van de discontinue watertoevoer, in casu de zesde onderharmonische [1]).

Wij zien uit genoemd voorbeeld, dat door uitwendige periodische omstandigheden de periode van de relaxatietrilling gemakkelijk kan worden beïnvloed, terwijl deze uitwendige omstandigheden aan de amplitude niets kunnen veranderen.

Voorts hebben wij hier te doen met een *frequentiedeeling*, d.w.z. het resultaat (het kantelen van het bakje) geschiedt telkens na een tijd, die een geheel veelvoud is van den tijd tusschen de toelating van twee opeenvolgende scheutjes water. De periode van het resultaat is dus een veelvoud van de periode van de oorzaak. De

[1]) Nauwkeurig gesproken hebben wij hier niet te doen met een uitwendige periodische kracht, maar met een periodische wisseling van den weerstand; de verschijnselen komen in beide gevallen op hetzelfde neer en daarom is bovengenoemd eenvoudig voorbeeld gekozen.

frequentie van het resultaat is een geheele fractie ($^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ enz.) van de frequentie van de oorzaak en wij hebben dus hier voor ons het verschijnsel van *frequentiedeeling* [1]). Dezelfde frequentiedeeling vinden wij bij het overblazen van een orgelpijp, die daarbij zijn octaaf geeft, of bij het overslaan van de stem.

Het bleek bij proeven in het laboratorium met electrische relaxatietrillingen, dat een frequentiedeeling van b.v. 200 : 1 gemakkelijk kan worden bewerkstelligd. Het is met behulp van deze frequentiedeeling, dat b.v. de bovengenoemde sinusoïdale hoogfrequente kwartsoscillaties tot laagfrequente trillingen kunnen worden teruggebracht, die een klok kunnen doen loopen.

Samenvattend volgt derhalve, dat een uitwendige, periodische kracht *niet* de *amplitude*, maar wel gemakkelijk de *frequentie* van een relaxatietrilling kan beïnvloeden. Het klassieke verschijnsel van resonantie ontbreekt derhalve bij relaxatietrillingen volkomen.

De hartslag werd boven reeds genoemd als typisch voorbeeld van een relaxatietrilling en in samenwerking met den heer VAN DER MARK heeft spreker een electrisch model geconstrueerd van den hartslag, dat bestaat uit drie relaxatiesystemen als weergegeven in figuur 2, die respectievelijk de sinus, de boezems en de kamers representeeren. Met dit model konden tal van reeds bekende afwijkingen in het hartrhythme worden weergegeven en ook enkele nieuwe anomalien in het hartrhythme worden voorspeld. Het model leent zich bij uitstek, om electrocardiogrammen te vervaardigen van dit kunsthart. [2])

Het bekende verschijnsel van 2 : 1 en 3 : 1 partieel hartblok, evenals totaal hartblok, kan b.v. fraai met dit model worden gedemonstreerd. Hierbij klopt de kamer met 1/2, resp. 1/3 van de frequentie van den boezem en wij hebben derhalve in het partieel

---

[1]) VAN DER POL en VAN DER MARK, Nature, Sept. 10, 1927.

[2]) Archives néerlandaises de Physiologie, tome XIV, 3e livraison, p. 418 (1929).

hartblok een mooi voorbeeld van bovengenoemde algemeene eigenschap van relaxatietrillingen: de *frequentiedeeling*.

Brengen wij van buiten op ons model een kleine electrische impuls, evenals dit soms bij proeven met b.v. kikkerharten geschiedt, dan reageert het model, evenals het kikkerhart, óf in het geheel niet, (refractaire periode), óf de neonlamp licht op en veroorzaakt een ontlading van *normale amplitude* van den condensator: het analogon van een volledige extrasystole van het kikkerhart. Wij hebben hier dus te doen met een voorbeeld van de bovengenoemde eigenschap van relaxatietrillingen, waarbij een uitwendige kracht wel de periode, maar niet de amplitude van relaxatietrillingen kan veranderen. In de physiologie is deze eigenschap bekend als de wet van B●WDITCH, de wet van „alles of niets". Figuur 6 geeft

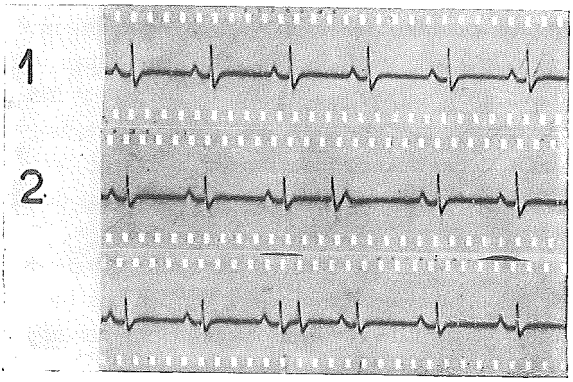

Fig. 6. Electrocardiogrammen, opgenomen aan het electrisch model van den hartslag.
1 = normale hartslag;
2 = late kamer extrasystole, waardoor de kamer niet meer respondeert op de daaropvolgende normale impuls, komende van den boezem;
3 = vroege kamer extrasystole. Hier is bij de volgende impuls, van den boezem komend, de kamer niet meer in het refractaire stadium, zoodat deze normaal respondeert en er aldus een geinterpoleerde kamer extrasystole ontstaat.

een voorbeeld van eenige extrasystolen van de kamer, waarbij duidelijk zichtbaar is, dat de amplitude van de extrasystolen praktisch geheel gelijk is aan die van de normale systolen.

Wij noemden reeds onder de voorbeelden van relaxatietrillingen de plantenslaap. Iedereen heeft wel eens waargenomen, hoe het madeliefje 's avonds het bloemhoofdje sluit om dat 's morgens weer te openen. Tal van bloemen vertoonen dit periodisch verschijnsel en ook de loofbladeren voeren vaak zoo'n beweging uit met een periode van 24 uur. Een eeuw lang heeft men naar de oorzaak van deze *nyctinastische* bewegingen gezocht. LINNAEUS was het verschijnsel reeds bekend, en interessant is zijn voorstel, om met behulp van deze bewegingen een plantenklok te maken. Als oorzaak van deze bewegingen werd b.v. aangegeven de temperatuurinvloed op de planten. Iedereen weet, dat tulpen, in een warme kamer gebracht, zich wijd openen. Ook heeft men gedacht aan het electrisch geleidingsvermogen van de lucht, dat inderdaad een 24-urige schommeling vertoont. Dit geleidingsvermogen zou de planten zich doen openen en sluiten. Tenslotte werd ook een belangrijke invloed van het licht geconstateerd op den stand van bloemen en bladeren.

Naast deze theoriën, die derhalve de nyctinastische bewegingen verklaarden door *werkingen van buiten*, werden ook beschouwingen gepubliceerd, waarbij de rhythmische beweging als *autonoom* werd aangenomen, d.w.z. de plant heeft erfelijk de eigenschap verkregen, zich met een 24-urig rhythme te bewegen. Kort geleden is hierover een uitvoerig onderzoek gepubliceerd in de dissertatie van Mej. KLEINHOONTE[1]), waaruit figuur 7 is overgenomen; op fraaie wijze vertoont deze figuur, hoe de bladeren met een 24-urige periode zich onder natuurlijke belichting op en neer bewegen.

---

[1]) A. KLEINHOONTE, De door het licht geregelde autonome bewegingen der Canavalia-bladeren, Delft 1928.

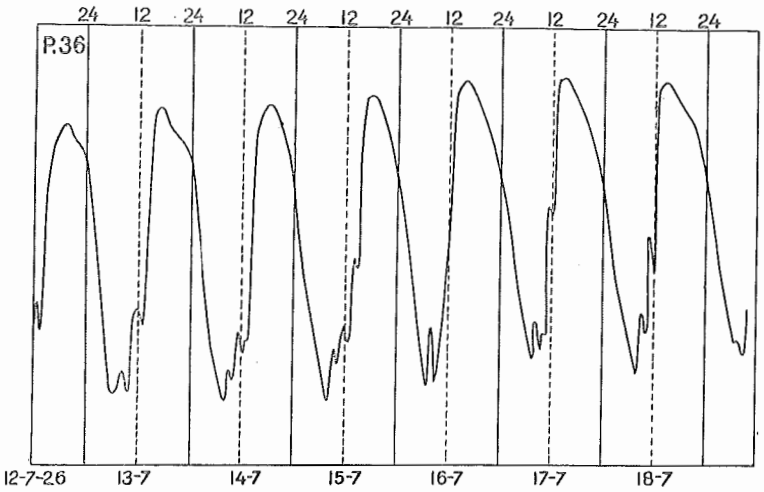

Fig. 7. De beweging van Canavaliabladeren onder natuurlijke (24-urige periodische) belichting, volgens Mej. A. Kleinhoonte.

Echter bleek de schrijfster voorts uit verschillende observaties, dat de planten, òf geheel in het donker gebracht, òf onder een geheel constante, dus niet periodische kunstbelichting, rustig doorgingen, zich te bewegen met een ongeveer 24-urige periode, waarvan de phase ten opzichte van het uur van den dag alle mogelijke waarden kon worden gegeven. Een regelende invloed, als temperatuur, geleidingsvermogen en belichting, was bij laatstgenoemde proeven dus uitgesloten en het vermoeden ligt voor de hand, ook deze bewegingen op te vatten als relaxatietrillingen, waarbij uiteindelijk de periode bepaald wordt door den een of anderen diffusietijd.

Uit verschillende waarnemingen, in genoemde verhandeling beschreven, volgt verder, dat met een periodische belichting met een grondperiode van 12 uur en ook met een periodische belichting met een grondperiode van 6 uur, de plant doorgaat met een 24-

urige periodische beweging uit te voeren, waarvan de phase geheel door de belichting werd bepaald. Wij hebben hier dus weer een mooi voorbeeld van frequentiedeeling bij relaxatietrillingen en wel van een deeling 2 : 1 resp. 4 : 1.

Wanneer voorts de grondperiode van de belichting 22 uur werd gemaakt, synchroniseeren de bladeren geheel met deze frequentie. Ook volgen zij nog goed een 26-urige belichtingsperiode.

Op grond van wat thans over de eigenschappen van relaxatietrillingen bekend is, mag worden verwacht, dat, wanneer de proeven werden herhaald met een nog iets langere belichtingsperiode dan 26 uur, normale automatische synchronisatie van de bladerenbeweging niet meer zou optreden.

Opmerkelijk is ook, dat de *amplitude* van de beweging der bladeren (zooals wij uit het bovenstaande direct mogen verwachten), bij frequentiedeeling geheel dezelfde is als bij de „vrije" trilling van de plant, d. i. van een relaxatietrilling zonder uitwendige kracht. We vinden dus hier weer het volledige analogon van de wet van BOWDITCH bij het hart.

Nadat Mej. KLEINHOONTE gevonden had, dat na allerlei synchronisatieproeven de plant, in het permanente donker gelaten, steeds maar weer haar vrije trilling ging uitvoeren met een relaxatieperiode van 24 uur, merkt de schrijfster op: „Blijkbaar is het niet mogelijk, de planten een ander dan dit rhythme te leeren". [1]) Het gedrag van deze nyctinastische verschijnselen sluit zich dus volledig aan bij het type van relaxatietrillingen.

De onderzochte planten hadden derhalve een eigen relaxatieperiode (autonome beweging), die zich echter gemakkelijk aanpast aan een uitwendige periodische belichting, waarbij de *energie*, noodig voor de bewegingen, door de plant zelf wordt geleverd, doch de periode door een uitwendigen kleinen invloed, die praktisch geen energie aan het systeem toevoert, wordt „geregeld".

---

[1]) loc. cit. pag. 57.

Tenslotte willen wij nog kort melding maken van een belangrijk onderzoek van Dr. Ir. L. HAMBURGER [1]) op een geheel ander gebied en getiteld: *„Een nieuwe weg voor conjunctuur onderzoek, een nieuwe richtlijn voor conjunctuur politiek."* Het betreft hier eenige interessante beschouwingen over economische fluctuaties en over „business cycles".

Evenals bij de plantenslaap is er ook op dit gebied lang over gestreden, of de periodiciteit in het economische- en zakenleven een innerlijke was, of dat deze door uitwendige invloeden werd veroorzaakt. Er zijn b.v. theoriën, die de 11-jarige periodieke regenval verantwoordelijk willen stellen voor de fluctuaties in de economie. Anderen zien in dit verschijnsel, dat wel buitengewoon gecompliceerd is en moeilijk te overzien, een „autonome beweging", waarbij dus een innerlijke periode, zonder uitwendige invloeden, reeds aanwezig is.

Het verschijnsel kan als volgt beschreven worden: Na een depressie wordt de economische toestand geleidelijk gunstiger en gunstiger, tot op het laatst een maximum bereikt wordt, waarop de toestand labiel wordt, om dan plotseling ineentestorten tot een minimum. Daarop stijgt de kromme eerst weer geleidelijk en herhaalt zich het spel opnieuw met perioden, waarvan de tijdsduur nogal uiteenloopt (van 2 tot 10 jaar), maar meestal in de buurt ligt van 3 à 4 jaar.

Op het oogenblik verkeeren wij in een vrij diep minimum.

Wij zagen boven reeds uit meerdere voorbeelden, dat, in tegenstelling met sinusoïdale trillingen, bij relaxatietrillingen wel gemakkelijk de frequentie, maar niet de amplitude van de trillingen kan worden beïnvloed door uitwendige oorzaken. Dr. HAMBURGER vindt ook, dat bij conjunctuur onderzoek en bij een beschouwing van het periodisch gedrag van prijzen, blijkt, dat de *amplituden*

---

[1]) *De Economist*, Januari 1930.

van de schommelingen veel meer constant zijn (nadat voor een seculair verloop gecorrigeerd is) dan de *perioden*. Hij komt dan ook tot de conclusie: „*Ik meen, dat slechts de opvatting van cyclische schommelingen der conjunctuur als relaxatiegolvingen een redelijke en toereikende basis voor een verklaring dezer gewichtige verschijnselen kan geven.*"

Het zal duidelijk zijn, dat belangrijke conclusies inzake overheidsbemoeiingen en conjunctuurpolitiek uit dergelijke beschouwingen kunnen worden getrokken. Ik zou echter te ver van mijn terrein komen om daarop dieper in te gaan.

Natuurlijk is op dit gebied nog niet het laatste woord gesproken en heel veel kwesties staan hier nog open.

Wat ik hedenavond verteld heb, zonder een enkele wiskundige formule te gebruiken, was eigenlijk niets dan wiskunde, en ik wil eindigen met U de differentiaalvergelijking op te schrijven, die ik 10 jaar geleden opgesteld heb, waar vrijwel alle gegeven conclusies uit volgen, zoowel die voor de sinustrillingen als die voor de relaxatietrillingen; zij luidt:

$$v'' - \alpha (1 - v^2) v' + v = 0$$

Ik heb gezegd.

Eindhoven, 30 Januari 1930.
Natuurkundig Laboratorium der
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken.

OVER PLOTSELINGEN DOOD

door

E. C. VAN RYSSEL,
ARTS-PROSECTOR.

Dames en Heeren.

Afgezien van de bespiegelende philosophische beschouwingen, die men over den dood kan houden, zijn er ook nog een aantal vraagstukken, die samenhangen met het probleem van den dood, wanneer men dat met nuchtere, natuurwetenschappelijke oogen bekijken wil. Er zijn maar weinig menschen, wien het vraagstuk niet interesseert en vooral wanneer men de zorgelooze jeugd achter den rug heeft, wordt de belangstelling grooter. Onvermijdelijk ondergaan wij dan de emotie's, die met het optreden van den dood samengaan, en onvermijdelijk zullen wij ons verwonderen over de dingen, die met den dood samenhangen.

Velen onzer zullen denken, dat het oogenblik van den laatsten hartslag, of dat van de laatste ademhaling het tijdstip is, waarop het leven aan den dood grenst of erin overgaat. Wetenschappelijk gesproken is dit onjuist, want we kennen meestal geen tijdstip, maar wel een periode van sterven. Immers terwijl de eene levensgewichtige functie nog bestaat, kan een andere reeds opgehouden zijn. Door physiologen werd waargenomen, dat bij een door de guillotine onthoofden misdadiger het hart nog 50 minuten lang in volkomen normaal tempo doorklopte; mijzelf is een geval bekend van een zieke, die op een bepaald oogenblik den indruk maakte van gestorven te zijn, doch wiens hart 20 minuten later nog klopte. Wanneer men een stuk levend beenweefsel wegneemt en onder bijzondere voorzorgen bij lage temperatuur bewaart, dan kan dit

nog ± 20 dagen levend blijven en zonder schade weer ingroeien in de plaats, vanwaar het weggenomen is. Het gelukte aan CARREL om kleine stukjes weefsel van een muizenembryo gedurende meer dan 15 jaar in een glazen vat in een bepaalde vloeistof (voedingsbodem) te doen voortgroeien: een tijd, die heel wat langer is dan de levensduur van een muis. Om dit weefsel te verkrijgen moest een muizenembryo in kleine stukjes gesneden worden, d. i. dus eigenlijk gedood worden: toch groeit zulk een stukje weefsel dan nog vele jaren.

Uit deze feiten moeten wij de gevolgtrekking maken, dat het leven van een individu en dus ook de dood ervan, iets anders is, dan het leven en de dood van een onderdeel b.v. een weefsel.

Wanneer de harmonische samenwerking van de organen, de weefsels, de cellen en de vloeistoffen van een individu onherstelbaar verbroken is, treedt de dood van het individu op, hoewel een bepaald gedeelte een weefsel of anderszins nog langen tijd teekenen van leven kan blijven geven.

Desalniettemin is daarmede nog niet gezegd, dat „het oogenblik van den dood" altijd gemakkelijk is aan te wijzen: integendeel in heel veel gevallen moet de waarnemer bekennen, dat hij dat niet precies kan vaststellen, maar dat in het verloop van een zeker aantal minuten, casu quo uren de dood was gekomen. Daarom is het in heel veel gevallen beter om van een periode dan van een moment van den dood te spreken. Waren onze middelen tot waarneming scherper, dan zou men misschien verder kunnen komen; op het oogenblik is dat nog niet het geval.

Een tweede vraag, die de overdenking waard is, is deze: waarom treedt in een bepaald geval de dood op? Dit kunnen wij, althans in een aantal gevallen, door nauwkeurig onderzoek te weten komen. Als voorbeeld daarvan noem ik een kindje, dat met den diphteriebacil besmet is. Wanneer de bacil het in den strijd van het lichaam wint, dan komen er zooveel vergiften in het bloed, dat de hartspier daarvan ernstig te lijden heeft en de afzonderlijke spiervezels zich

niet goed meer kunnen samentrekken. Wanneer dan de hartwerking slecht wordt, zal de verdediging van het lichaam nog weer minder worden en zoo zal de dood kunnen volgen.

Dikwijls is de zaak echter niet zoo eenvoudig en het zal U misschien verwonderen om te moeten hooren van iemand, wiens dagelijksch werk het is om „de doodsoorzaak" op te sporen, dat hij in heel veel gevallen geen bevredigende verklaring kan vinden: en in het bijzonder zijn het de chronische ziekten, die moeilijkheden geven. Als voorbeeld daarvan diene een geval van longtuberculose. Deze ziekte richt verwoestingen aan in de longen: er ontstaan holten door verdwijnen van weefsel en langzamerhand breidt zulk een proces zich uit, zoodat er slechts een klein gedeelte van het ademend weefsel overblijft. Wanneer zulks in korten tijd geschiedt, dan kan men begrijpen, dat er op een bepaald oogenblik zulk een disharmonie tusschen de werking der longen en die der andere organen bestaat, dat de dood het gevolg is. Maar wanneer het proces zich over 10—20, 30 jaren uitstrekt, dan gaat deze verklaring mank, want dan is de toestand der longen in enkele uren of dagen eigenlijk als dezelfde te beschouwen en dus ontgaat ons de reden, waarom de dood is ingetreden. Hoe nauwkeuriger het onderzoek geschiedt, hoe meer gevallen er zullen zijn, die men kan oplossen, maar desondanks blijven er vele gevallen over, die men met een „Nescio" aan zich moet laten voorbijgaan.

Nog vele andere vragen dringen zich over het probleem op, maar het leek mij gewenscht er slechts enkele in het kort aan te roeren als inleiding tot het bespreken van enkele gevallen van plotselingen dood.

Met deze uitdrukking mag men alleen dien dood betitelen, die zonder voorafgaande aankondiging optreedt, of waarbij de voorafgaande symptomen niet op juiste waarde geschat zijn: het is dus een onverwachte, zeer snelle dood, zonder agone (doodstrijd) van noemenswaardigen duur.

Gevallen van dien aard worden ons vaak ter onderzoek aan-

gewezen en menigmaal komen er zeer interessante verrassingen bij te voorschijn. Allerlei belangen komen daarbij te pas; zoodat zoowel de rechtbank, als ook verzekeringsmaatschappijen op het onderzoek aandringen en niet zelden wil de familie de doodsoorzaak weten, met het oog op erfelijke ziekten, welker herkenning voor de kinderen van groot belang kan zijn.

Uit het onderzoek van vele verschillende gevallen van plotselingen dood is komen vast te staan, dat er wel eenige kenmerken zijn, die zij gemeen hebben. Zoo schijnt er een zekere praedispositie voor te bestaan bij menschen, die een copieusen maaltijd genoten hebben en bij vrouwen is de toestand van menstruatie eveneens in vele gevallen van plotselingen dood aangetroffen. Deze toestanden zijn dus als normale physiologische toestanden te beschouwen, maar het schijnt, dat in de uren of dagen, die deze toestanden duren, het leven in een min of meer labiel evenwicht verkeert. Zoo iets is den leeken al lang bekend. Niet voor niets wordt het gevaarlijk geacht, om na het eten te baden of ingespannen te gymnastiseeren of tijdens de maandelijksche periode een operatie te doen verrichten. De ervaring heeft al lang, voordat dit door wetenschappelijk onderzoek was vastgesteld, deze feiten geleerd en het is goed om er rekening mede te houden.

Behalve deze physiologische toestanden, die een zekere voorbeschikking geven, zijn er ook nog afwijkingen van ziekelijken aard gevonden, die 't zelfde doen. Het zijn zekere afwijkingen in het gestel (in de constitutie), die van tijd tot tijd waargenomen worden. Bij alle menschen worden er in het lichaam een groot aantal klierknobbeltjes gevonden langs de binnenoppervlakte (maagdarmkanaal), die o. a. de functie hebben om schadelijke stoffen, die mochten binnendringen, tegen te houden. Nu is bij sommige menschen en vooral bij kinderen het aantal van deze klieren buitensporig groot, evenzoo de afmeting van elke klier afzonderlijk. Zij hebben een lymphatische constitutie: zulke individuen staan bloot aan plotselingen dood.

Nog andere afwijkingen komen daarbij soms voor, b.v. een groote zwezerik, een nauwe lichaamsslagader, een vergroote milt, bijnieren met dunne schors, enz.

Zoo zouden er nog meer voorbeelden te noemen zijn, maar het is overzichtelijker om niet al deze constitutieafwijkingen na te gaan, omdat het al te ver op medisch gebied zou voeren.

Men kan de gevallen van plotselingen dood onderscheiden in twee categorieën, nl.: die, waarbij een duidelijke afwijking aanwezig is, die ons in staat stelt een bevredigende verklaring te geven en die, waarbij we trachten door theoretische overwegingen, in verband met vroeger waargenomen gevallen, een verklaring te zoeken.

De eerste groep spreekt het meest tot ons en het aantal voorbeelden, dat ervan gegeven zou kunnen worden, is legio. XAVERIUS BICHAT onderscheidde in zijn „Recherches physiologiques sur la vie et la mort", omstreeks 1800 te Parijs uitgegeven, 3 doodsoorzaken, nl. een hersendood, een hartdood en een longdood. Lange jaren werden deze 3 soorten van dood aangenomen, maar tegenwoordig ziet men wel in, dat er gevallen van dood zijn, die men niet bij een dezer soorten zou kunnen indeelen. Zoo valt b.v. de dood door verbrijzeling, zooals die bij vliegeniers, die van groote hoogte gestort zijn, buiten deze indeeling. Maar men kan deze drie soorten dood aannemen als de meest voorkomende en van elk zullen wij enkele voorbeelden met elkander bespreken.

De hersenen hebben, behalve functie's voor het geestelijk, ook een groote beteekenis voor het lichamelijk leven. Zij reguleeren alle willekeurige en onwillekeurige bewegingen, zorgen voor tal van veiligheidsbewegingen (zg. reflexen) en hebben een grooten invloed op de werking van vele voor het leven zeer gewichtige organen (hart, longen, bloedvaten, enz. enz.). Aangezien de hersenen opgesloten liggen in een, althans bij volwassenen, zeer weinig vervormbare holte, (de schedelholte), zal er slechts een zeer beperkte wisseling in grootte van dit orgaan mogelijk zijn. Deze wisseling in grootte, zal bij normale menschen hoofdzakelijk het gevolg zijn

van toe- of afname van bloed (c.q. hersenvocht). Wanneer nu tengevolge van een of andere omstandigheid de druk binnen den schedel sterk toeneemt, dan zal de bloedtoevoer naar de hersenen noodzakelijk moeten afnemen en daardoor de voeding en stofwisseling te wenschen overlaten. De zorg voor allerlei bewegingen, voor de werking van hart en longen enz. zal minder goed worden: er zullen onregelmatigheden optreden en er zal zulk een disharmonie zijn, dat de dood onvermijdelijk is.

Door zeer verschillende oorzaken kan deze druk plotseling verhoogd worden: de meest voorkomende zijn: bloedingen in en om de hersenen: die bij den leek bekend staan als beroerte, attaque of apoplexie. Dikwijls ziet men dan in het midden van één der twee helften der groote hersenen een vuistgroote hoeveelheid bloed uitgestort, terwijl soms het bloed ook nog in de hersenkamers vloeit en deze geheel opvult. Een groot gedeelte van het hersenweefsel kan door zulk een bloeding vernietigd worden en daardoor is het soms mogelijk, nog tijdens het leven de plaats ervan te bepalen, omdat b.v. bepaalde verlamminggen of spraakstoornissen ontstaan zijn. Komt de bloeding op een plaats voor, waar weinig belangrijke centra of banen getroffen worden, dan zullen misschien alleen maar hoofdpijn of drukverhoogingsklachten het gevolg ervan zijn; wordt echter een belangrijke plaats getroffen dan ziet men niet zelden een plotselingen dood volgen. Wanneer wij de oorzaken van zulke bloedingen trachten op te sporen, dan blijkt dat niet altijd even gemakkelijk. Niet zelden gelukt het heelemaal niet; een enkele maal treft men afwijkingen aan de slagaderen aan, in den vorm van een plaatselijke verwijding. Het is de beroemde Fransche clinicus CHARCOT, die ons dat geleerd heeft en de methode heeft aangegeven om die afwijkingen te zoeken. Het slagadertje, dat niet zelden zulke verwijdingen heeft en dat dan, door barsten, de beroerte doet ontstaan, noemt men dan ook de slagader van CHARCOT. Omdat zoo betrekkelijk zelden het geïncrimineerde vat te vinden is, moeten er ook nog wel heel andere oorzaken voor

bloedingen zijn en tegenwoordig meent men, dat een voorafgaande, kleine hersenverweeking, tengevolge van slechte voeding door verstopping van een slagader, een zeer dikwijls voorkomende oorzaak voor een bloeduitstorting is.

De bloeding kan ook buiten de hersenen plaats hebben, zoodat er dus geen hersenweefsel ten gronde gaat. Er verzamelt zich b.v. veel bloed aan de ondervlakte van de hersenen, doordat er een plaatselijk uitgezette slagader barst. Dikwijls is ook hiervan een plotselinge dood het gevolg. In twee maanden tijds zag ik hiervan 4 gevallen, waarvan er twee een plotselingen dood hadden gehad, o. a. het volgende:

er was een patiente geopereerd voor een afwijking in den buik en de operatie had lang geduurd. 5 dagen lang na de operatie, maakte zij het goed, maar in de nacht van den 5den op den 6den dag bleef zij plotseling dood. De chirurg was zeer ongerust en vroeg mij om de obductie te doen, omdat hij wilde weten of de patiente tengevolge van de operatie was overleden. Bij het onderzoek bleek, dat een slagader uitzetting aan de basis der hersenen gebarsten was en door bloeding met drukverhooging binnen den schedel een plotselingen dood had veroorzaakt.

Er zijn nog vele verschillende oorzaken van drukverhooging binnen den schedel, die den dood plotseling kunnen geven. Nog één vorm ervan wil ik U noemen, omdat het zoo iets zeldzaams is: het is nl. die, waarbij er een incongruentie bestaat tusschen de de grootte van de hersenen en de grootte van den schedel. Een enkele maal komt het eens voor, dat de hersenen zeer groot worden. Dat is niet altijd een bewijs van intellect. Het gemiddelde gewicht bedraagt ongeveer 1320 gram (man 1370 gr., vrouw 1270 gr.). Zoo trof ik eens bij een loopjongen van 17 jaar, die 1.65 M. lang was, hersenen aan van 1940 gram. Hij was bezig een handwagentje te duwen, bleef een oogenblik staan, zakte in elkaar en was dood. Het bleek nu, dat de jongen een volle maag, een zwezerik van 37½ gram, vele gezwollen klieren en een nauwe lichaamsslagader

had. De buitenvlakte van de zeer groote hersenen zag eruit alsof die wat platgedrukt was en ook kon men aan de binnenoppervlakte van den schedel zien, dat er langen tijd druk op uitgeoefend was. Hier waren dus verschillende praedisponeerende momenten voor een plotselingen dood aanwezig en een oogenblik van verhoogde vochtafscheiding in de hersenen of van vermeerderden toevloed van bloed moet al voldoende geweest zijn om den dood te veroorzaken.

Vroeger werd er aan het voorkomen van een groote zwezerik een belangrijke beteekenis gehecht voor het optreden van plotselingen dood. Langzamerhand is men hiervan wel eenigszins teruggekomen, ofschoon er altijd nog wel gevallen gezien worden. Het is in den oorlog gebleken, dat men over het gewicht van dit orgaan niet goed georiënteerd was, omdat het altijd gewogen was van menschen, die patient waren geweest. Neemt men het gewicht van de zwezerik bij gezonde kinderen, dan blijkt dit hooger dan men vroeger had berekend. Bij kinderen die overreden zijn, vond ik niet zelden gewichten van 43—52 gram op leeftijden van 4 tot 10 jaren, terwijl vroeger als normaal gewicht hoogstens 37½ gram werd genoemd.

Het orgaan heeft een invloed op den groei van het beenderstelsel en verliest na de kinderjaren een groot deel van zijn invloed. Hoe men verband moet leggen tusschen het voorkomen van groote hersenen, groote zwezerik en plotselingen dood is niet bekend, maar de coïncidentie is herhaaldelijk waargenomen.

Behalve het zenuwstelsel noemde ik reeds het hart- en vaatstelsel als een groep van organen, waarin dikwijls afwijkingen gezien worden, die een plotselingen dood kunnen veroorzaken.

Het hart is het orgaan, dat het meeste aanpassingsvermogen heeft. Wanneer de omstandigheden er naar zijn, dan kan het hart, dat normaal 300 à 350 gr. weegt bij mannen en 250 à 300 gram bij vrouwen, in gewicht tot 1000 gram toenemen. Van de werking van zoo'n hart sorteert dan nog maar juist zóóveel nuttig effect,

dat de bloedsomloop er voldoende mee op gang gehouden kan worden. Nu moeten er voor een goede werking van het hart verschillende factoren samenwerken; geschiedt dat niet, dan is er een hartgebrek. De 2 voornaamste factoren zijn: de voeding door de bloedvaten van het hart moet voldoende zijn, zoodat de spier daardoor in goede conditie gehouden wordt, en de geleiding van de prikkels, die het hart een rhythmische contractie geven, moet eveneens goed zijn. De voedende slagaderen van het hart noemen wij de kroonslagaderen. Zij zijn onderhevig aan een ziekteproces, waaraan ook de hersenslagaderen dikwijls lijden, nl. de arteriosklerose of bloedvaatverkalking. Dit is een ziekte, die aan den hoogen leeftijd gebonden is en die in zeer verschillenden graad kan optreden. In betrekkelijk veel gevallen van plotselingen dood vinden wij één of beide kroonslagaderen ziek en wel zoo, dat zij vernauwd en in kalkharde pijpjes veranderd zijn. Wanneer nu bv. bij het uit de warmte in de kou komen de slagaderen zich reflectorisch samentrekken voor zoover dit nog mogelijk is, dan laat de voeding van de hartspier plotseling veel te wenschen over, en wanneer dit zulke afmetingen aanneemt, dat zij zich niet voldoende meer kan samentrekken, dan weigert 't hart zijn dienst, de bloeddruk daalt op ongeveer nul, de organen van het lichaam krijgen niet genoeg bloed meer en de dood moet noodzakelijk volgen. Dat dienstweigeren is juist weer het gevolg van onvoldoende geleiding van het bericht, dat de rhythmische contractie tot stand moet doen komen. Voor de geleiding van de prikkel tot contractie van boezems en kamers is een apart spierstelseltje in het hart aanwezig. Wanneer de boezems zich tegelijk samengetrokken hebben, moeten de kamers kort daarop zich samentrekken en het sein daartoe wordt overgebracht door de dunne spierbundel van His, die zich aan de binnenoppervlakte van beide kamers vertakt. Wanneer gedeelten van deze bundel van His, tengevolge van slechte voeding, ten gronde gaan, laat de geleiding en dus ook de regelmaat van de contractie te wenschen over, daardoor ontstaat onregelmatige samen-

trekking, het rhythme gaat verloren en de toestand van „fladderen" van de hartspier treedt op. Wanneer zich dit niet heel gauw herstelt, dan volgt de dood onmiddellijk. De Duitsche schrijvers noemen dezen vorm van dood den „Herzsekundentod", omdat het zulk een snelle, onverwachte dood is.

Ook op andere wijze kan de hartswerking zoodanig belemmerd worden, dat de dood plotseling volgt.

Daarvan zag ik 3 zeer zeldzame en interessante voorbeelden bij syphilislijders. In de harten van deze drie menschen, die alle drie tijdens hun werk plotseling stierven, vond ik zooveel knobbels, in de spier gelegen, dat het verwondering wekte hoe het mogelijk was, dat zij er nog zoo lang mee geleefd hadden. Hoewel van geen van drie (vr. 33 j., man 47 j., en man 37 j.) bekend was, hoelang geleden zij geïnfecteerd waren, maakte het den indruk, dat dit al lang geleden was en zoo was bij hen het kwaad verder gewoekerd, zonder dat zij er zich van bewust waren. Ook hier was het ongetwijfeld de geleidingsstoornis, die de mors subita gaf.

Nog weer een andere bijzondere vorm van plotselingen dood, die door velen als een hartdood wordt opgevat, is de „electriciteitsdood". Bij het plotseling aanraken van een contact kan reeds een betrekkelijk lage spanning (bv. 100 Volt) den dood veroorzaken. Men meent, dat de geleiding in het hart dan in de war raakt, doordat de zenuwen, die op het hart een remmenden en versnellenden invloed uitoefenen, plotseling zoo overprikkeld worden, dat de geleiding in de war raakt en de dood volgt. Interessante voorbeelden hiervan kan men in het electro-pathologisch museum van prof. JELLINEC in Weenen zien. Zelf zag ik tot nu nog slechts één enkel voorbeeld, waarbij met den rug contact verkregen werd en naar het gelaat een groote vonk of vlam oversloeg.

Als een voorbeeld van plotselingen dood, welke aan afwijking in het bloedvaatstelsel (in het bijzonder de slagaderen) te wijten is, noem ik de scheur van de lichaamsslagader. Dit dikke bloedvat, dat het pas ververschte bloed uit het hart ontvangt en moet

distribueeren naar alle organen, is voor een goeden gang van zaken van het uiterste gewicht. Heel dikwijls bestaat er bloedvaatverkalking in aanzienlijke mate in, zonder dat daardoor ernstige afwijkingen te constateeren zijn. Maar in enkele gevallen schijnt de wand in stevigheid te verliezen en kan een verscheuring optreden. Meestal verloopt de scheur dan bijna geheel circulair en een plotselingen dood wordt er door veroorzaakt. Herhaaldelijk zijn er gevallen van dezen aard waargenomen zonder dat bij het slachtoffer een bijzondere reden ervoor aanwezig was: d.w.z., dat er geen groote inspanning plaats had en dat de wand van de slagader geen duidelijke teekenen van ziekelijke afwijkingen vertoonde. Een der gevallen, die ik waarnam, betrof een vrouwtje van ± 72 jaar, die in bed zittende plotseling dood achterover viel. Bij het onderzoek bleek, dat haar lichaamsslagader in het buikgedeelte in sterke mate verkalking vertoonde en dat de slagader op een afstand van ongeveer 5 cM. van het hart circulair was gescheurd. Blijkbaar had de wand den bloedsdruk niet meer kunnen weerstaan, toen het onderste deel van het vat niet meer in staat was zich uit te zetten. Het mikroskopisch onderzoek van de plaats van scheuring gaf een bijna normaal beeld te zien.

Een enkele maal gebeurt het wel eens, dat de lichaamsslagader of een kroonslagader buiten het hart en binnen het hartezakje barst. Ook daarvan kan een plotselinge dood het gevolg zijn, al leeft in de meeste gevallen de patient nog wel ± 20 minuten nadat het bloeden begint.

Het zij mij toegestaan nog een enkel woord te wijden aan de „embolie", een oorzaak voor plotselingen dood, die men de laatste jaren herhaaldelijk hoort noemen. Hierbij heeft men meestal te doen met zieken en daarom is het dan eigenlijk meer een zeer onverwachte dood. De embolie (van $\varepsilon\mu\beta\alpha\lambda\lambda\varepsilon\iota\nu$ = wegwerpen) is het voortgeslingerd of meegesleept worden van bloedstolsel, dat tijdens het leven ontstaan is in een ader. Wanneer zulk een stolsel lang en groot is geworden en loslaat van den wand, kan het mee-

gesleept worden door den bloedstroom en in het rechter hart of in de longslagader, die daaruit komt, blijven steken; het verstopt dan de hartkamer of de longslagader, een goede hartswerking is onmogelijk en de dood volgt plotseling.

Een enkele maal kan dit ook met lucht in plaats van met een bloedstelsel geschieden: er komt dan lucht in het rechter hart, deze geeft met het aanwezige bloed schuim en hierdoor wordt de hartswerking zoodanig belemmerd, dat de dood optreedt. Niet zelden komt dit voor, wanneer voor het opwekken van abortus een spuit, die niet geheel met vloeistof gevuld is, wordt gebruikt. De aanwezige lucht wordt dan wel eens in een ader van de baarmoeder gespoten en van hier wordt zij getransporteerd naar het hart.

Om nu nog voorbeelden te geven van een door tastbare afwijking duidelijk geworden plotselingen longdood, neem ik er twee, waarbij de luchtwegen afgesloten werden. Het spreekt wel vanzelf, dat men een afsluiting der luchtwegen niet kan overleven en daarom kan dus elk voorwerp, dat ze verstopt of dichtdrukt een plotselingen dood veroorzaken.

Het verslikken is daarvan het beste voorbeeld en het houdt een waarschuwing in om geen groote brokken voedsel in den mond te nemen, althans niet door te slikken. Ik onderzocht eens een zeer interessant geval van een man, die zich verslikte in een stuk vleesch van 37½ gram, dat een driehoekigen vorm had, met zijden van 9,5 bij 7,5 bij 5 cM. en dat 2,5 cM. dik was; het was ongeveer 2½ cM. diep in het strottenhoofd ingedrongen en zat er zoo stevig in als een kurk in een flesch. De ongelukkige had op 11 November 1920 een ernstigen val gedaan en was voor hersenschudding behandeld; aangezien hij daarbij eenigen tijd een afwijkenden polsslag hield, werd er aangenomen, dat speciaal het verlengde merg (vanwaaruit zenuwvezels naar het hart gaan) bij die „schudding" getroffen was. Toen de man tijdens een maaltijd plotseling dood bleef, kon de geroepen medicus niets anders doen, dan de meening uitspreken,

dat waarschijnlijk ook het slikmechanisme, dat eveneens vanuit de streek van het verlengde merg bestuurd wordt, mede was aangedaan bij den val van 2½ maand te voren en dat dus de dood het gevolg van het ongeval kon zijn. De lijkschouwing wees anders uit: behalve het zeer groote stuk vleesch, dat den dood had veroorzaakt en dat in het strottenhoofd vastgezogen zat, werden er in de maag acht heele aardappels van behoorlijke grootte aangetroffen, waaruit besloten kon worden, dat het slikmechanisme in voortreffelijke conditie verkeerde, maar dat de ongehoorde afmeting van het stuk vleesch door gewoon verslikken den dood had gegeven.

Een ander voorbeeld, waarbij een vreemd voorwerp in den slokdarm geraakte en door zijn vorm niet door wilde gaan, zich met melk vulde en toen door zijn dikte het strottenhoofd dichtdrukte, nam ik eveneens waar. Een jong kindje van $^3/_4$ jaar had een speentje ingeslikt. Dit werd zijn dood, omdat het de ademhaling belemmerde, toen de moeder het voedde. Pas bij de lijkschouwing werd de oorzaak van dezen plotselingen dood herkend.

Hiermede ben ik aan het einde gekomen met het bespreken van verschillende vormen van plotselingen dood, die een tastbare, een anatomische, gemakkelijk te vinden oorzaak hebben.

Er zijn evenwel nog een groot aantal gevallen van plotselingen dood, waarbij wij, ondanks naarstig zoeken, geen oorzaak kunnen vinden. Blijven wij bij onze opvatting, dat een harmonie in de voor het leven onmisbare functie's slechts het leven mogelijk maakt, dan moeten wij ook hier aannemen, dat een disharmonie in die functie's, ook zonder waarneembare oorzaak, moet tot stand gekomen zijn op het oogenblik, dat een plotselinge dood een eind maakt aan een „gezond" leven. Zijn er nu aanwijzingen tijdens het leven, dat zoo iets mogelijk is, vragen wij ons af? Ongetwijfeld, want wij ondervonden allen wel eens, dat een psychische emotie, b.v. een duidelijk lichamelijk gevolg kan hebben; ik noem als voorbeeld b.v. hartkloppingen, buikkrampen, plotseling geheel verstijven, een

flauwte krijgen als gevolg van angst, schrik, droefheid, enz. enz. Wanneer nu zulke afwijkingen veroorzaakt kunnen worden door een bericht (dus een prikkel), dat onwillekeurig naar bepaalde organen wordt uitgezonden, dan behoeft de intensiteit van die prikkels nog maar iets grooter te worden om een nog ernstiger gevolg, met name den dood, te hebben.

Opnieuw kunnen wij ons nu afvragen, zijn er gevallen bekend, waarbij de prikkeling van een bepaalde zenuw de schuld zou kunnen hebben, hetzij die dan door psychische, het zij door somatische prikkels wordt geïrriteerd? De al zeer lang bekende klopproef van GOLTZ is er een voorbeeld van: door een tik op de maag van een kikker staat het hart stil; bij den mensch vindt deze proef zijn analogon in den dood, die na een maagstomp in bokspartijen, is waargenomen volgens de mededeelingen van SPILSBURY en P. FRAENKEL. Het is dus wel zeker, dat de zenuwen, die de hartswerking beïnvloeden en door de voortgeleiding van een bepaalden prikkel, uitgeoefend op het ééne orgaan, kan het dus tot een bijzondere werking of opheffing der werking van een ander orgaan komen.

Op die wijze zullen ongetwijfeld een aantal gevallen van plotselingen dood verklaard kunnen worden, alhoewel daarvoor noodig zou zijn, dat men nauwkeurig op de hoogte was van wat er kort voor den dood precies gebeurd is. Zoo is het uit de grap aanvatten van het strottenhoofd wel eens als doodsoorzaak aangewezen, omdat in dat geval de waarneming van de geheele handeling met het droeve gevolg ervan had kunnen plaats hebben. BROWN-SÉQUARD heeft dit „la Mort par inhibition" genoemd. Wij mogen echter van dit woord geen misbruik maken, en maar elk geval van niet gemakkelijk te verklaren dood, een inhibitiedood noemen.

Want ten slotte blijven er nog vele gevallen van plotselingen dood over, die wij niet vermogen te verklaren. Het is een nare bekentenis voor iemand, die van het opsporen van de doodsoorzaak zich een levenstaak maakt, maar het is ongetwijfeld waar. Herhaaldelijk ben ik het antwoord schuldig moeten blijven op de vraag

„welke is de oorzaak van dezen plotselingen dood", hoewel een zeer nauwkeurig onderzoek van de verschillende organen had plaats gehad. Er blijft dan een onbevredigd gevoel over, en altijd de twijfel of men wel nauwkeurig genoeg onderzocht heeft. Want het gaat toch niet aan om zich in zulk een geval ervan af te maken met het gezegde, dat mij werd toegevoegd door een Engelschen scheepsdokter, voor wien ik mijn onmacht in zulk een geval moest bekennen: „Ah, such people dies so easily."

OVER DE NOODZAKELIJKE BESTANDDEELEN VAN ONZE VOEDING

door

PROF. DR. B. C. P. JANSEN.

Het zou veel mooier geweest zijn indien de titel van mijn voordracht had kunnen luiden: Over optimum voeding, m.a.w. over de meest gunstige samenstelling van onze voeding. Want ook een voeding, die alle noodzakelijke bestanddeelen bevat, behoeft nog niet goed te zijn, indien nl. de verhouding van die verschillende bestanddeelen onjuist is. Misschien, dat als de ontwikkeling van de leer der voeding in 't tegenwoordige tempo doorgaat, dat we dan over een 50 of 100 jaar precies kunnen aangeven binnen welke grenzen de verschillende bestanddeelen van onze voeding kunnen schommelen, opdat we met die voeding de grootst mogelijke mate van gezondheid bereiken. Voorloopig is het al een zeer groote stap voorwaarts, dat we zooveel meer noodzakelijke bestanddeelen van onze voeding kennen, dan men in de vorige eeuw wel voor mogelijk gehouden had.

Toch is ook de ontwikkeling van de voedingsleer in de vorige eeuw zelf, als een sprongsgewijze vooruitgang op te vatten. Immers als we nagaan hoe vele en velerlei voedingsmiddelen de menschen, over de geheele wereld verspreid, tot zich nemen, dan zou 't onbegonnen werk kunnen schijnen, om in dezen chaos orde te scheppen. Toch is in betrekkelijk korten tijd, in verloop van minder dan een eeuw, gebleken, dat al de samenstellende bestanddeelen van al deze voedingsmiddelen te herleiden zijn tot een viertal groote groepen, tenminste bij eerste benadering, zooals we nu achteraf zeggen. Deze vier groepen waren: de eiwitten, vetten,

koolhydraten en anorganische zouten (waartoe we dan ook zuurstof en water kunnen rekenen). Weliswaar wist men ook in de vorige eeuw reeds, dat er behalve de bovengenoemde bestanddeelen, in verschillende voedingsmiddelen nog andere stoffen voorkomen, die niet tot één van deze categoriën te herleiden zijn, zooals bijv. de extractiestoffen uit het vleesch, maar men meende, dat deze stoffen, die in de meeste voedingsmiddelen slechts in zéér geringe hoeveelheid voorkomen, practisch van geen belang waren voor de voeding, behalve dan uit culinair oogpunt.

Voor ik nu overga tot de bespreking van die voedingsbestanddeelen, die in de vorige eeuw over het hoofd gezien werden, en die toch achteraf zoo absoluut noodzakelijk zijn gebleken, wil ik nog even de vraag aanroeren, in hoeverre de eiwitten, vetten en koolhydraten elk afzonderlijk noodzakelijk zijn.

In de eerste plaats de eiwitten. Deze kunnen zeker niet gemist worden. Bij een opname van minder dan 30 à 40 gram eiwit per dag (afhankelijk van den aard van het eiwit), teert het lichaam van zijn eigen eiwitten in, een proces, dat slechts korten tijd kan doorgaan. We kunnen hier ook al iets meedeelen over het eiwitoptimum. Verschillende onderzoekers hebben in de vorige eeuw het eiwitgehalte van een groot aantal menu's van personen uit allerlei klassen van de maatschappij bepaald. Als gemiddelde uit die vele waarnemingen, komt Voil tot een bedrag van 118 gram eiwit voor een volwassen mensch, die in gematigde luchtstreek niet te zwaren arbeid verricht. Voit heeft gemeend, dat de mensch wel instinctmatig de juiste hoeveelheid gekozen zou hebben en dat dus rond 120 gram per volwassene per dag wel het optimum bedrag zal zijn. Hiertegen is in het begin van deze eeuw sterke oppositie gekomen van Chittenden, die zelfs zoover gaat om te spreken van zelfmoord van het ras, dat zich schuldig maakt aan een dergelijk groot eiwitgebruik. Chittenden zelf die bij zijn vroegere eiwitrijke diëet geregeld geplaagd werd door allerlei ziektetjes: hoofdpijn, verkoudheid e.d.g., werd geheel daarvan

bevrijd, nadat hij de hoeveelheid eiwit in zijn voeding gereduceerd had tot minder dan de helft van het door Voit aangegeven bedrag. Chittenden bracht een groot aantal vrijwilligers onder zijn collega's hoogleeraren, onder studenten en soldaten, er toe, om eenige maanden lang zijn voorbeeld te volgen en het eiwitgehalte van hun voeding zeer belangrijk te reduceeren. Door zorgvuldige waarneming van al die proefpersonen, bleek, dat die vermindering van eiwitopname zonder schade voor hun gezondheid plaats vond. Nu heeft Chittenden volkomen gelijk, dat ons instinct weliswaar in staat is gebleken, om een zoodanige voeding te kiezen, dat daarbij het menschelijk geslacht in stand kon blijven, maar dat het niet in staat is, om de optimumvoeding te kiezen. Dit blijkt ten duidelijkste uit het voorkomen van ziekte's, die berusten op een foutieve voeding, zooals beri-beri, scheurbuik en rachitis vij een vrije bevolking, en ook bij de welgestelde klassen van die bevolking, die de voeding kunnen kiezen, die ze willen. Tegen de verdere beweringen van Chittenden echter is vooral zijn collega Benedict opgekomen, die aantoonde, dat bijv. bij proefdieren een laag eiwitgehalte van de voeding aanleiding kan geven tot ernstige storing van de gezondheid. Ook merkt Benedict op, dat al de proefpersonen van Chittenden, nadat de proef was afgeloopen, weer tot hun oude eiwitrijke diëet zijn teruggekeerd. Ook Mc Cay, hoogleeraar te Calcutta bestrijdt Chittenden, op grond van een onderzoek, dat hij had ingesteld bij een aantal Britsch-Indische volksstammen. Hierbij was hem gebleken, dat over het algemeen, die volksstammen, die een eiwitrijke voeding nuttigen, er zoowel physisch als psychisch beter aan toe zijn, dan die stammen, wier voeding eiwitarm is.

Geheel anders staat de kwestie met koolhydraten en vetten. Zeker is het, dat zij elkaar grootendeels kunnen vervangen, of vervangen kunnen worden, door eiwit. Zoo is het Osborne en Mendel gelukt om ratten in leven te houden en normaal te doen groeien, op een diëet, dat voor 95 % uit eiwit bestond en slechts

spoortjes koolhydraat en vet bevatte, welke aanwezig waren in de vitamine-rijke extracten, die aan het eiwit moesten toegevoegd worden. Het is dus wel zeker, dat koolhydraten en vetten slechts in zeer geringe hoeveelheid in ons voedsel behoeven voor te komen. Of echter ook de laatste spoortjes gemist kunnen worden, is een andere kwestie. Wat de vetten betreft, zijn hierover onlangs onafhankelijk van elkaar, gelijktijdig twee onderzoekingen gepubliceerd, waaruit blijkt, dat op een voeding, die zeer zorgvuldig van de laatste spoortjes vet is bevrijd, karakteristieke pathologische verschijnselen ontstaan, welke afwijkingen geheel genezen, indien aan het voedsel een geringe hoeveelheid van een zoover mogelijk gezuiverd vet wordt toegevoegd.

Gaan we nu over tot de bespreking van die bestanddeelen van onze voeding, die men de vorige eeuw verwaarloosd heeft, de vitamines, dan moet ik me het genoegen ontzeggen om U eenigszins uitvoerig de ontdekking ervan door onze landgenooten Eykman en Grijns te schilderen, omdat dit eenige jaren geleden reeds voor U gedaan is door Dr. Steensma. Ik breng U alleen in herinnering, dat de ontdekking van Eykman en Grijns daarom van fundamenteel belang was, omdat ze naast de twee toentertijd bekende ziekteoorzaken, bacteriën en vergiften, een geheel nieuwe factor als oorzaak van doodelijke ziekten leerden kennen, n.l. het ontbreken van bepaalde bestanddeelen van onze voeding, die daarin slechts in zeer geringe hoeveelheid voorkomen. Oorspronkelijk heeft men gedacht aan één stof, door Funk vitamine genoemd, welks ontbreken in de voeding voor allerlei ziektetoestanden verantwoordelijk zou zijn. Nader onderzoek heeft geleerd, dat we tenminste een zestal van deze vitamines moeten onderscheiden. Het ontbreken van elk van deze heeft een zeer bepaalden ziektetoestand tengevolge. De vitamines worden onderscheiden met behulp van de letters van het alphabet, waarbij men later gezien heeft, dat, wat men oorspronkelijk B-vitamine noemde, tenminste 2 stoffen zijn die

de Engelsche vitamine-commissie onderscheiden heeft in B_1 en B_2 vitamine. Andere auteurs hebben weer andere letters daarvoor gebruikt, zoodat er al een vrij groote verwarring is ontstaan. Wij zullen ons houden aan de Engelsche nomenclatuur. Veiligheidshalve doet men goed om, indien men een vitamine precies wil definiëeren, de ziekte aan te geven, die ontstaat, indien dat vitamine in de voeding ontbreekt.

Zoo hebben we tot nu toe leeren kennen in alphabetische volgorde de volgende vitamines:

A-vitamine of anti-xerophthalmie-vitamine; bij ontbreken hiervan in de voeding, ontstaan een aantal pathologische verschijnselen, waarvan de meest op den voorgrond tredende is, een aandoening van het oog, gepaard gaande met een bacteriën-invasie. Indien men bij het eerste optreden van die oogverschijnselen een voldoende hoeveelheid A-vitamine aan het voedsel toevoegt, dan treedt snelle genezing in. Blijft het A-vitamine tekort echter voortduren, dan verergeren de verschijnselen snel, zoodat de oogen geheel verblinden en korten tijd daarop volgt de dood. De ziekte komt hier te lande niet voor, wel o. a. in Nederlandsch-Indië, in enkele gevallen bij Chineesche kindertjes, die kunstmatig gevoed worden. In oorlogstijd heeft men in Denemarken vele gevallen van xerophthalmie gezien, die ontstonden tengevolge van het feit, dat de boeren hun boter tegen hooge prijzen verkochten naar het buitenland en zelf margarine gebruikten. Het A-vitamine komt n.l. ruimschoots voor in melk, boter, eidooier, verder ook in versche groenten en vruchten, maar het ontbreekt in de plantaardige oliën, waaruit de margarine bereid wordt. Buitengewoon rijk aan A-vitamine is levertraan. Bij het A-vitamine kent men ook ziekte-toestanden, die optreden indien het A-vitamine wel niet geheel ontbreekt in de voeding, maar toch in minder dan de optimum hoeveelheid voorkomt. Deze ziekte's zijn: 1e. de hemeralopie of nachtblindheid, waarbij de patiënten overdag wel goed kunnen zien, maar in de schemering nagenoeg blind zijn. En ten 2e. steenvor-

ming in de urine-bereidende organen, het zoogenaamde graveel.

Het B_1-vitamine, of anti-beri-beri-vitamine, is het vitamine, dat door Eykman en Grijns als eerste van deze categorie van voedingsbestanddeelen is gevonden geworden. De beri-beri komt in ons land niet voor en is in het bizonder een ziekte van de rijst- en cassave- of sago-etende volkeren. Dit zal wel daarmee in verband staan, dat machinaal geslepen rijst en ook cassave en sago zoo buitengewoon arm zijn aan dit vitamine. Ook wit brood heeft een tekort aan deze stof, maar dit tekort is zoo gering, dat het opgeheven wordt door bijvoeding van 10 % katjang idjoe, de Indische erwt, een B_1-vitamine-rijk materiaal. Voor compensatie van het B_1-vitamine-tekort van machinaal geslepen rijst is echter een hoeveelheid van tenminste 30 % katjang idjoe noodig. Beri-beri komt ook onder de rijst-etende volkeren niet voor op het platteland, omdat daar de rijst op primitieve wijze met de hand gepeld wordt, waarbij voldoende van het vitamine-rijke buitenste laagje het zoogenaamde zilvervliesje, aan den korrel blijft hangen. Bij het machinaal pellen en slijpen van de rijst wordt echter het geheele zilvervliesje verwijderd en onder de bewoners der groote steden in Indië, die op deze machinale gepelde rijst als hoofdvoedsel zijn aangewezen, komt beri-beri dan ook nog geregeld voor. Vleesch, erwten en boonen, eieren, melk zijn rijk aan B_1-vitamine. Eenige jaren geleden is het ons, in samenwerking met Dr. Donath, gelukt het B_1-vitamine in zuiveren, kristallijnen toestand af te scheiden. De werking er van bleek zoodanig te zijn, dat 0,002 milligram per dag voldoende was om een rijstvogeltje (bondol) tegen beri-beri te beschermen. Dit komt ongeveer overeen met 1 à 2 milligram voor een volwassen mensch per dag.

Het B_2-vitamine, of anti-pellagra vitamine is de stof, die noodzakelijk in de voeding aanwezig moet zijn, om ons te beschermen tegen pellagra. De pellagra is een ziekte, die vroeger veel voorkwam in Italië en Roemenië en nu nog op de katoenplantage's in Amerika. Het is een ziekte, die wel niet uitsluitend maar dan toch hoofd-

zakelijk optreedt bij menschengroepen, wier hoofdvoedsel bestaat uit verkeerdelijk toebereide maïs. Vroeger heeft men wel gemeend, dat deze ziekte veroorzaakt zou worden door het gebruik van onvolwaardige eiwitten, dat zijn eiwitten, die niet alle voor het leven noodzakelijke aminozuren bevatten. Het onderzoek van Goldberger en zijn medewerkers heeft echter overtuigend aangetoond, dat we ook hier een vitaminetekort als oorzaak der ziekte moeten beschouwen. De pellagra is een ziekte, die vaak gepaard gaat met eigenaardige huidaandoeningen, symetrisch over het lichaam verspreid, die soms aanleiding kan geven tot krankzinnigheid en die, indien niet tijdig wordt ingegrepen, tot den dood voert.

Het C-vitamine of anti-scheurbuik vitamine is in zekeren zin het ouds bekende vitamine. Men wist tenminste reeds eeuwenlang, dat versche groenten en vruchten in korten tijd een volkomen genezing van scheurbuik teweeg kunnen brengen. Het is, zooals Hesz, de schrijver van een monografie over scheurbuik, terecht opmerkt, verwonderlijk, dat deze wonderbaarlijke eigenschap van versche groenten en vruchten nooit tot nader onderzoek heeft geprikkeld. Pas toen Eykman en Grijns het bestaan van een vitamine als oorzaak van de beri-beri hadden aangetoond, heeft eenige jaren later Axel Holst in Noorwegen gezien, dat de oorzaak der scheurbuik gezocht moet worden in het ontbreken van een bepaalde stof, later C-vitamine genoemd, in de voeding. De scheurbuik is een ziekte, die practisch gesproken in ons land niet meer voorkomt. In vorige eeuwen echter werden de stadsbewoners op het eind van den winter vaak geteisterd door scheurbuik. Deze scheurbuikepidemiën zijn verdwenen sedert de invoering van den aardappel als volksvoedsel. In de vorige eeuw hebben zich echter in enkele jaren, dat de aardappeloogst mislukt was, weer ettelijke scheurbuikgevallen voorgedaan. Af en toe komen bij kunstmatig gevoede zuigelingen gevallen van zoogenaamde infantiele scheurbuik, of Barlow'sche ziekte voor. Melk n.l. bevat een ruim voldoende hoeveelheid C-vitamine en ook na eenmaal opkoken is nog voldoende

van deze stof over. Wordt de melk echter herhaaldelijk gekookt, gesteriliseerd, gepasteuriseerd, enz., dan verdwijnt het C-vitamine. Het C-vitamine is nl. zeer gevoelig voor de inwerking van de zuurstof van de lucht. Dit is ook de oorzaak, dat gedroogde en geconserveerde groenten en vruchten weinig of niets meer van deze stof bevatten. Bij het C-vitamine heeft men het merkwaardig feit vastgesteld, dat, terwijl de mensch en sommige diersoorten, bijv. Guineesche biggetjes, deze stof noodzakelijk in hunne voeding moeten opnemen, andere dieren, zooals ratten in staat zijn dit voedsel in hun eigen lichaam op te bouwen.

Het D of anti-rachitis-vitamine is de stof, welke ons beschermt tegen rachitis of Engelsche ziekte. We kunnen dit ook zoo zeggen, dat het D-vitamine de stof is, die de normale kalkafzetting in onze beenderen regelt. Laat ik eenigszins dieper mogen ingaan op de merkwaardige geschiedenis van de ontdekking van dit vitamine. Reeds lang werd levertraan gegeven als geneesmiddel of voorbehoedmiddel tegen rachitis. Ongeveer een tiental jaren geleden nam Mellanby in Engeland proeven op jonge honden over rachitis. Mellanby stelde een kost samen, waarmede jonge honden wel eenigermate groeiden, maar waarbij het beenderstelsel zóó slap was, dat de dieren niet staan konden. Dieren uit hetzelfde nest, die gevoed werden met hetzelfde diëet, waaraan echter een zekere hoeveelheid levertraan was toegevoegd, kregen een normaal beenderstelsel. Later slaagde Mac Collum in Amerika er in, om jonge albino-ratten door ze te voederen met een bepaalde kost, typische rachitis te bezorgen, die in alle opzichten overeenkwam met menschelijke rachitis. Deze rachitis kon voorkomen of genezen worden door toevoeging van een weinig levertraan aan het diëet. Ongeveer tegelijkertijd zag Huldchinsky buitengewoon gunstige gevolgen bij rachitische kinderen door bestralen met ultra-violet licht van een kwik-kwartslamp. Hess in Amerika kon deze waarnemingen, zoowel bij rachitische kinderen, als bij ratten, geheel bevestigen. Maar verder zag Hess, dat het niet noodig was om de ratten zelf

te bestralen met ultra-violet licht, maar dat bestraling van de voeding daartoe reeds voldoende was. Nader onderzoek bracht aan het licht, dat het een heel bepaald bestanddeel van de voeding was, dat, zooals we nu zeggen, door de bestraling overging in D-vitamine. Oorspronkelijk meende men, dat deze stof het cholesterine was. Nader onderzoek verricht in samenwerking met Windaus uit Göttingen, een geleerde, die een groot deel van zijn leven gewijd had aan het onderzoek naar de chemische samenstelling van cholesterine en aanverwante lichamen, bracht aan het licht, dat niet de cholesterine zelf, maar een verontreiniging ervan, de ergosterine bij bestraling overgaat in D-vitamine. Reeds vroeger had Windaus een methode aangegeven om het ergosterine in goede opbrengst te bereiden uit gist. Door nu dit ergosterine te bestralen met ultra-violet licht kon men preparaten verkrijgen, die uitermate groote werkzaamheid bezaten ter bestrijding der rachitis. Naast het D-vitamine ontstonden echter bij die bestraling bij-produkten, zoodat het D-vitamine nog niet zuiver kon verkregen worden. Onlangs echter hebben de heeren Reerink en Van Wijk in het laboratorium der Philipsfabrieken in Eindhoven, gezien, dat als men het ergosterine bestraalt met ultra-violet licht van heel bepaalde golflengte, het dan overgaat uitsluitend in D-vitamine. Op deze wijze waren zij in staat het D-vitamine in zuiveren, kristallijnen toestand af te scheiden. Deze stof bleek een zoodanige werkzaamheid te bezitten, dat 0,000005 milligram per dag bij een rachitische rat gegeven, in staat was, dit dier in 10 dagen te genezen.

Tenslotte nog eenige woorden over het E-vitamine of vruchtbaarheids- of anti-steriliteits-vitamine. Amerikaansche onderzoekers hadden gezien, dat, bij een bepaalde voeding, die overigens vrij goeden groei en gezondheid van de proefdieren teweegbrengt, voortplanting onmogelijk is. Voegen we aan dit dieet een spoor van een alcoholisch extract uit tarwekiem, of uit groene plantendeelen toe, dan wordt de voortplanting weer normaal. Deze onderzoekingen, die voor de veeteelt van groot belang zouden kunnen zijn, zijn

herhaald en uitgebreid door Prof. Grijns aan de Landbouwhoogeschool te Wageningen. Grijns heeft deze Amerikaansche waarnemingen gedeeltelijk kunnen bevestigen, maar aan den anderen kant aangetoond, dat de verhoudingen hierbij nog gecompliceerder zijn dan men oorspronkelijk dacht: we moeten tenminste 2 stoffen onderscheiden, een die noodzakelijk is voor de spermatogenese en een, die noodig is voor de ontwikkeling der mammae en de melkvorming.

Behandelen we, na dit overzicht in vogelvlucht van de afzonderlijke vitamines, nog enkele vragen omtrent vitamines in 't algemeen. We hebben gezien, dat een algeheel tekort van elk der vitamines ernstige, ja doodelijke ziekten ten gevolge heeft. De meeste van deze ziekten komen echter hier te lande niet (meer) voor. Indien nu echter de voeding zoodanig is, dat één of meer der vitamines wel niet geheel ontbreekt, maar toch in geringere dan de optimum hoeveelheid aanwezig is, wat zal dan op den langen duur van een dergelijke voeding het gevolg zijn? Daarover is nog niet zoo heel veel bekend, maar toch zijn er reeds een aantal onderzoekingen verricht, in het bizonder over een gering tekort aan A- en C-vitamine, die er op zouden wijzen, dat door een dergelijke voeding het weerstandvermogen tegen infectieziekten zou verminderen. Aan den anderen kant kunnen we ons afvragen: wat zal het gevolg zijn van een teveel aan vitamines? Van de meeste vitamines zijn over dit punt nog weinig onderzoekingen verricht, behalve dan over het D-vitamine, dat we zoo gemakkelijk door bestraling van ergosterine in groote hoeveelheid, in zeer geconcentreerden toestand kunnen verkrijgen. Bij proefdieren kan men hiermee in korten tijd den dood teweegbrengen, maar ook bij menschen heeft men hiervan reeds zeer onaangename gevolgen gezien. Het is dus wel aan te raden om deze preparaten, die onder den naam van vigantol, davitamon e.d.g. in den handel zijn, niet dan op dokters voorschrift te gebruiken. Wil men zonder dit advies de voeding rijker aan

D-vitamine maken, dan gebruike men hiervoor levertraan, waarvan men niet zoo licht teveel zal nemen.

Nu nog enkele woorden over de zouten. Hierop zal ik niet uitvoerig ingaan en alleen een tweetal elementen behandelen, die, evenals de vitamines, slechts in uiterst geringe hoeveelheid in ons voedsel voorkomen, maar ook weer absoluut noodzakelijk zijn. In de eerste plaats het jodium. In het midden van de vorige eeuw heeft Chatin een uitvoerig onderzoek ingesteld naar het jodiumgehalte van voedsel + water + lucht, 1e. van Parijzenaars, bewoners van een kropvrije plaats, 2e. van bewoners van Lyon, een plaats, waar matig veel krop voorkomt en 3e. van bewoners van bepaalde plaatsen in Savoye, of in de Pyreneën, waar zeer veel krop, en ook de ergste vorm ervan, het cretinisme voorkomt. Chatin vond nu, dat een Parijzenaar per dag ongeveer $^1/_{20}$ mG. jodium met zijn voeding tot zich neemt. Een bewoner van Lyon wat minder, en een bewoner der kropcentra nog veel minder. Chatin trok hieruit de conclusie, dat krop veroorzaakt wordt door een tekort aan jodium in de voeding. De bestrijding van krop lag dus voor de hand: het verstrekken van extra jodium in de kropstreken. Men heeft dit een tiental jaren later dan ook gedaan, maar daarbij de groote fout gemaakt, dat men niet, zooals uit het onderzoek van Chatin zou moeten volgen, per persoon per dag $^1/_{20}$ mG. verstrekte, maar een dosis, die vele honderden malen zoo groot was. Daardoor kregen verschillende patiënten verschijnselen van jood-vergifting, die veel ernstiger waren dan die van hun vroegeren krop. Deze therapie geraakte daardoor geheel in discrediet en pas eenige jaren geleden is men weer begonnen, nu in Amerika en in Zwitserland, later ook in andere landen, o. a. ook in de kropstreken van Ned. Indië om den krop te bestrijden op rationeele wijze, met jodium, maar nu met de optimum hoeveelheid, $\pm$ $^1/_{20}$ mG. jodium per dag. In Zwitserland en ook in Ned. Indië, waar de verkoop van keukenzout regeeringsmonopolie is,

geschiedt dit 't eenvoudigst door aan de bevolking van kropstreken gejodeerd zout te verstrekken, d. i. zout, waaraan per 100 K.G. ½ gram joodkali is toegevoegd. Voor zoover daar nu reeds over te oordeelen is, zijn de resultaten uitstekend.

Nu nog enkele woorden over het koper. Zooals men reeds lang wist, bevat melk een tekort aan ijzer. Door nu jonge ratten langer dan den zuigelingsleeftijd te voeden met melk, kan men bij deze dieren bloedarmoede te weeg brengen. Deze bloedarmoede is niet te genezen door aan de melk ijzerzouten toe te voegen. Het bleek nu echter aan Amerikaansche onderzoekers, dat de anaemie geheel verdwijnt, indien men aan de melk, naast het ijzer ook nog een geringe hoeveelheid lever, of extract uit bepaalde planten toevoegt. Later zag men, dat ook aan de asch van lever of van die planten dezelfde werking toekwam. En bij verdere analyse bleek het koper hiervoor verantwoordelijk te zijn. Men kon nu de bloedarmoede geheel genezen, of ook voorkomen, door aan de melk een weinig ijzer + koper toe te voegen. De hoeveelheid koper, die per mensch per dag noodig is, bleek eenige milligrammen te bedragen.

U ziet dus wel, dat onze voeding heel wat gecompliceerder is samengesteld dan men in de vorige eeuw gedacht heeft. Misschien zal een enkele Uwer vragen: Is er nu op grond van al deze onderzoekingen toch al iets te zeggen over de vraag, hoe we onze dagelijksche voeding moeten inrichten om zoo gezond mogelijk te blijven? Al is een scherp quantitatief antwoord nog niet mogelijk, toch zult U misschien zelf al wel geconcludeerd hebben, uit wat ik heden-avond met U behandeld heb: laten we onze voeding zoo gevarieerd mogelijk, zoo weinig mogelijk eenzijdig kiezen; laten we naast brood, vleesch en aardappelen, ook melk en eieren en vooral versche groenten en vruchten niet vergeten.

LANDBOUW BIJ DE PAPOEA'S VAN NIEUW-GUINEA

door

PROF. DR. J. JESWIET.

Ter orientatie zij vermeld, dat spreker verleden jaar bijna 4 mnd. in Engelsch Nw. Guinea doorbracht als lid van eene Amerikaansche expeditie door het Amerikaansche gouvernement gefinancieerd en opgezet voor het opsporen en verzamelen van suikerrietvormen.

Aan de expeditie werd verder deelgenomen door Dr. E. W. Brandis, leider der expeditie en leider van de afdeeling voor suikerleverende planten aan het Departement van Landbouw der U.S.A. Hij ging vooral mee als phytopatholoog. C. E. Pemberton van het suikerrietproefstation van Hawaï als entomoloog en R. K. Peck, als vliegenier die ons met groote toewijding over totaal onbekende gebieden telkens weer goed thuis wist te brengen. Die vliegmachine was aan de expeditie geschonken door den directeur der Celotex-maatschappij in Chicago, den heer Dahlberg. Peck had ervaring van het vliegen in tropische gebieden; hij had de Stirlingexpeditie in Nieuw-Guinea medegemaakt in 1926, was een ervaren vlieger, goed mecanicien en tevens een hartstochtelijk verzamelaar van ethnografica.

Bij het nastreven van het doel van de expeditie bezochten zij, door de vliegmachine daartoe in staat gesteld, vele stammen en maakten kennis met hunnen landbouw.

In de eerste plaats lichtte spreker het begrip „landbouw" bij dergelijke primitieve volken toe. Daarbij moeten wij afzien van zeer veel, wat wij onder dien naam verstaan. Het gaat hier om het allereerste begin van cultuur, waarbij om de huizen heen van alles

groeit, wat gegeten wordt; veel daarvan alleen als opslag van wat als oneetbaar wordt weggeworpen. Bovendien is het menu zeer beperkt. De cultuur vindt geen verzorging; de bevolking is migreerend, rondtrekkend van plaats tot plaats, waar de natuur op gezette tijden des jaars voor voedsel zorgt, zooals Lotus-moerassen, Sagobosschen en de jungle, waar casuaris, wilde zwijnen en kangoeroes gejaagd worden. Dergelijke migreerende stammen treft men aan in het Westelijk gedeelte van Eng. N. G., waar de Fly River door een groote meervlakte stroomt.

Deze menschen zijn nog echte kannibalen, die gemeenschappelijk strooptochten ondernemen en andere stammen overvallen om aan de behoefte aan schedels te voldoen en aan den lust tot het nuttigen van menschenvleesch. Zij wonen in die groote vlakte op de hoogere ruggen, omgeven door moerassen, waar Sago en Lotus groeien en waar visch en krokodillen en watervogels in grooten getale aanwezig zijn. Zij beschikken over enorme uitgestrektheden land, die in den regentijd bijna overal geïnundeerd zijn en alleen toegankelijk met lange, smalle kano's, uit boomstammen vervaardigd. In dien tijd zijn groote gedeelten van de meervlakte met vlottende grassoorten begroeid, waar zij met de kano's overheen glijden, waarbij zij zich voortbewegen met roeispanen van groote lengte en ongewoon breede bladen, die steun hebben op het vlotgras. Deze landen liggen in den drogen tijd weer droog; het verschil in waterstand kan 4—5 M. en meer bedragen. Het spreekt vanzelf, dat de tuinen dààr te vinden zijn op de hoogere deelen. Zij zijn zeer primitief, vol onkruid, steeds in de nabijheid der rivieren, nu eens open voor het oog van wie er langs vaart, vaak verborgen door strooken bosch. Door het isolement dier stammen, die nog geheel in het steenen tijdperk leven, is er weinig variatie in wat zij kweeken. Als voorbeeld diene, dat in dit district slechts 6 vormen van suikerriet werden gevonden, terwijl in een meer oostelijk gedeelte van N. Guinea, waar de menschen aan vaste woonplaatsen zijn gebonden, in de linker helft van het

Rigo stroomgebied in betrekkelijk korten tijd 86 vormen gevonden werden, waarmee dit areaal nog lang niet uitgeput is. Door het voortdurend verwisselen van woonplaats, zijn de cultures zeer oppervlakkig en primitief, bepalen zich tot enkele gewassen, bestaat er geen tijd van oogst of planten in verband met het gekweekte product, maar wordt verorberd wat aanwezig is, wanneer men toevallig op een oude nederzetting arriveert. Gekweekt werden Crotons en Labiatae voor versiering; verder cassave, cocos, zoete aardappel, een Polygonum, tabak, Spaansche peper, Jobstranen en boonen.

Daarnaast vindt men in O. N.G. aan vaste woonplaatsen gebonden menschen, door omringende stammen op hun plaats gehouden; bovendien is de beschikbare grond voor dien stam nog in arealen verdeeld voor de verschillende dorpen. Voor deze menschen is het niet weggelegd overal rond te trekken om voedsel te zoeken. Zij zouden dan in botsing komen met lieden van andere stammen. Zij moeten dus in het bezette areaal zooveel mogelijk uit daar door hen aangelegde *tuinen* zien te halen wat er te halen valt. Er is georganiseerd overleg voor gezamenlijken tuin-aanleg, doch in dien aanleg verzorgt elk individu weer zijn eigen aandeel. Gezamenlijk rooit men het bosch, ruimt alles schoon, verbrandt het afgekapte materiaal en maakt de omheining; daarna vangt het planten aan, doch dan begint het familie-bezit van den tuin. Die tuinen liggen wel in de nabijheid der vaste woonplaatsen, doch dit is zóó op te vatten, dat vaak een klauterpartij van 1 à 1½ uur noodig was om ze te bereiken. Het hakken van het bosch geschiedde nog bijna overal in de binnenlanden met steenen bijlen en vindt plaats in den drogen tijd. De grond wordt omgewerkt met puntige staken van zwaar hout in het merengebied van de Fly of met harde, houten spaden, van palmhout b.v. in de nabijheid van Daru en de Oriomo River. De heggen worden van het afgeslagen materiaal gemaakt en met de aanwezige of ernaast groeiende lianen of basten gebonden. Meestal worden nà de bewerking, die vóór den regentijd plaats vindt, pisangs

geplant. Dit is eene meerjarige cultuur. De solitair op afstand geplante pisangstammen laten tusschen zich veel ruimte open, die de eerste twee jaren benut wordt om er suikerriet, cassave, tabak, zoete aardappelen, oebi (Dioscorea), broodvrucht (Artocarpus) en allerlei aroideeën te planten (taro). Door de missie zijn in de laatste jaren hieraan toegevoegd ananas, sinaasappel, citroen, e. a. b.v. de papaja, die zeer snel door de vogels wordt verbreid en ananas. Verder cocospalmen en arecapalmen bij de huizen, de eerste voor voedsel, de laatste als narcoticum; ook vindt men om en bij de huizen verschillende kleurige bloemen of bladen (croton) of geurige kruiden (Labiatae), benevens Spaansche peper (Capsicum) geplant. Bij sommige stammen troffen wij ook enkele boonsoorten aan. De grond wordt goed onderhouden. De pisangs stoelen verder uit, sluiten ten slotte aan elkaar, beschaduwen den bodem en maken de cultuur van de overige opgesomde planten onmogelijk. Daardoor ontstaan nieuwe tuinen naast de bestaande, waar al de genoemde gewassen worden overgepoot. Na eenigen tijd worden ook de pisangtuinen verlaten en aan het bosch overgeleverd, dat ze weer verdringt. De pisangs, en de broodboomen en bepaalde, gekweekte vormen van saccharum robustum zijn wel de meest resistente vertegenwoordigers, die later in het secundaire bosch den reiziger meedeelen, dat daar vroeger een tuin was. Meestal is de verdeeling een dusdanige, dat het eigenlijke voedsel gekweekt wordt in op een afstand gelegen omrasterde tuinen, terwijl de narcotica (tabak, areca noten, Spaansche peper) en dansbenoodigdheden (bloemen en welriekende kruiden) vlak bij de huizen gevonden worden. Uitzondering hierop vormen de klappers en de broodboomen, die de huizen overschaduwen. De tuinen worden vrij goed onderhouden. Jonge tabaksplanten staan naast zaaddragende oude. De yams (Dioscorea) worden aan staken opgeleid; er wordt gewied; het suikerriet wordt opgebonden en verzorgd tegen zonnebrand, beschadiging tegen ratten en varkens en kakatoes. Deze gevestigde stammen laten hun oogst rijp worden zoowel de knollen als de

vruchten als het suikerriet. Zij hebben vaste plant- en oogstdatums, waaraan ceremoniën en wat het laatste betreft vooral feesten zijn verbonden, met veel eten en dansen.

De cultuur is dus een verzorgde cultuur, aan vaste tijden van planten en oogsten gebonden, gepaard gaande met ceremoniën en rekening houdende met de rijping der gewassen. Dit brengt mede aandacht voor die gewassen in eigen omgeving en in die van anderen. Het laatste maakt, dat men van elkander verschillende vormen overneemt en zoo kon het gebeuren, dat in verschillende tuinen meerdere vormen van pisangs (tot 7 toe) en vele vormen van suikerriet (tot 21 toe) werden aangetroffen. Hetzelfde was het geval met de yams (Dioscorea) en de zoete aardappel (oebi).

Alles werd gedemonstreerd aan de hand van lantaarnbeelden, naar origineele foto's door den spreker genomen.

DE GRENZEN ONZER WAARNEMING

door

DR. H. C. BURGER.

(Verslag opgemaakt door DR. G. J. DE GROOT).

Onze kennis van de natuur berust op waarneming der verschijnselen.

De eenvoudigste wijze van waarneming is die, welke door de zintuigen geschiedt. Doch hiermede is men niet tevreden, maar neemt zijn toevlucht tot instrumenten. Hierdoor zijn wij in staat tot:

1e. quantitatieve bepalingen, bv. het bepalen van het gewicht van een voorwerp.

2e. het bestudeeren van verschijnselen, waarvoor wij geen zintuigen hebben, bv. de aanwezigheid van een electrischen stroom.

Een instrument stelt ons ook in staat waarnemingen met groote nauwkeurigheid te verrichten.

Nemen wij een voorbeeld van gezichtswaarneming. Wanneer men een aantal evenwijdige lijntjes heeft op een onderlingen afstand van $^1/_{20}$ mm, dan zijn die met het bloote oog niet afzonderlijk zichtbaar. Bij loupevergrooting (bv. 10 ×) wordt de onderlinge afstand ½ mm, zoodat de streepjes wel afzonderlijk te zien zijn. Bedraagt de onderlinge afstand der streepjes $^1/_{200}$ mm, dan is een 100-malige vergrooting met den mikroskoop voldoende om de streepjes weer afzonderlijk te zien. Aangezien een mikroskoop een systeem van lenzen is en iedere lens min of meer fouten heeft, kan dit van invloed op de zuiverheid der waarneming zijn, alhoewel de techniek een dergelijke hoogte heeft bereikt, dat men zelfs bij

1000-malige vergrooting zoo goed als volmaakte beelden krijgt zonder fouten.

Men kan de vergrooting echter niet onbeperkt opvoeren, daar de natuur hier grenzen stelt en wel door de golfstructuur van het licht. De lichtgolven buigen om de randen der voorwerpen, die men bekijkt, zoodat deze randen vager toonen, het beeld is niet meer gelijkvormig met de werkelijkheid. Hoe kleiner de golflengte, hoe minder de buiging. Men kan dus de vergrooting nog opvoeren door lichtstralen van zeer kleine golflengte te gebruiken, nl. ultraviolette stralen. Nu kan men deze wel niet met het oog waarnemen, maar toch op de fotografische plaat vastleggen. De moeilijkheid echter is, dat de ultraviolette stralen niet door glas gaan en men lenzen van ander materiaal moet gebruiken, waarvan tot heden de keuze uiterst beperkt is.

Een ander voorbeeld, waarbij grenzen aan de waarneming zijn gesteld, vinden wij bij het meten van *zwakke* electrische stroomen. Hiertoe gebruikt men een spoel-galvanometer, die uit een draadspoeltje bestaat van een 100-tal windingen, opgehangen tusschen de polen van een magneet, dus in een magnetisch veld. De uiteinden van het spoeltje zijn onder en boven bevestigd aan een verticaal draadje. Zendt men een electrisch stroompje door den spoel, dan zal dit in het magnetische veld draaien en de draaiingshoek is afhankelijk van de sterkte van den stroom, maar ook van de dikte van het ophangdraadje, dat min of meer verwrongen wordt. Hoe dunner dit draadje, hoe gevoeliger het instrument; maar de dikte kan niet onder zekere grenzen gaan ($^1/_{100}$ mm), daar anders het spoeltje eraf zou vallen. Met dezen spoelgalvanometer kan men gemakkelijk zwakke stroomen meten, bv. $^1/_{1000}$ van den stroom, die door een gloeilamp gaat. Maar er moeten nog veel zwakkere stroomen gemeten worden. Bij een gevoelig instrument duurt het langen tijd, eer het spoeltje tot rust is gekomen na de afwijking. De waarneming duurt veel langer, naarmate men grooter nauwkeurigheid wil bereiken.

Kleine afwijkingen in het spoeltje kan men op bijzondere wijze waarnemen. Men bevestigt aan het spoeltje een spiegeltje, dat met het spoeltje meedraait en een lichtstraal op een schaalverdeeling terugkaatst, zoodat daarop dus een lichtvlek geworpen wordt. Hoe verder deze schaalindeeling van den spoelgalvanometer verwijderd is, des te grooter worden de verplaatsingen van den lichtvlek bij geringe draaiïng van het spoeltje, en dus ook van het spiegeltje, maar de lichtvlek wordt tevens vager en kleine verplaatsingen zijn moeilijk te bepalen. Toch heeft men deze moeilijkheid ondervangen door een zoogenaamd *thermorelais*. Het principe hiervan kan men eenvoudigheidshalve als volgt voorstellen. Stel de lichtvlek is rechthoekig en valt met de linker en rechterrand juist op de reservoirs van 2 thermometers. Deze worden dan evenveel verwarmd en de thermometers wijzen dezelfde temperatuur aan. Bij verplaatsing b.v. naar links, wordt de linkerthermometer sterker, de rechter zwakker verlicht en er ontstaat een verschil in temperatuuraanwijzing. Nu zijn voor het bovenomschreven doel thermometers veel te grof; inplaats van de kwikreservoirs neemt men een metalen bandje, waarvan de uiteinden aan een bandje van een ander metaal zijn gesoldeerd. De twee soldeerplaatsen vervangen hier de kwikreservoirs van den thermometer. Worden deze door de lichtvlek gelijkmatig verwarmd, dan ontstaan er tegengestelde electrische spanningen, die evenwicht maken. Bij verplaatsing van de lichtvlek, dus bij ongelijke verwarming der soldeerplaatsen ontstaat er een electrische stroom, dien men kan meten door de uiteinden der buitenste metalen bandjes met een anderen galvanometer te verbinden, welke opnieuw door middel van een spiegeltje een lichtvlek op een schaalverdeeling doet verplaatsen. Men kan op deze wijze minimale verplaatsingen van den lichtvlek van den eersten spoelgalvanometer aanzienlijk vergrooten.

Maar ook hier treden moeilijkheden op, want ook verplaatst de lichtvlek van het thermorelais zich, wanneer er geen stroom door den spoelgalvanometer gaat. Eensdeels zijn die te wijten aan

dreuningen van het gebouw, waarin de instrumenten zijn opgesteld. Maar als men deze oorzaken tot een minimum beperkt, dan blijven er nog steeds kleine bewegingen over. Het is de Zweedsche physicus Ising geweest, die deze afwijkingen toeschreef aan de moleculair-beweging.

Een dergelijke moleculairbeweging was door den botanicus Brown reeds in den mikroskoop waargenomen bij uiterst kleine deeltjes in een vloeistof. De moleculen die in heftige beweging zijn, bombardeeren voortdurend in verschillende richtingen de kleine voorwerpjes, zoodat zij in allerlei richtingen heen en weer gestooten worden. Zoo zullen ook zwakke electrische stroomen door de moleculen in den geleidingsdraad beïnvloed worden. Nu wordt de Brown's beweging bij dalen van de temperatuur geringer en het is door afkoeling van den geleidingsdraad van den galvanometer gelukt dit hier aan te toonen.

Werpt men de lichtvlek van het thermorelais op een lichtgevoelig papier van een rondwentelenden cylinder, dan zal daarop, ook als er geen stroom is, een zigzaglijntje gevormd worden, daar de moleculairbeweging voortdurend heen en weer gaat. Is het nu mogelijk om de uitwijkingen van een zwakken stroom in dit zigzag-lijntje aan te toonen? Ja, want bij een zwakken stroom zal bv. het geheele zigzaglijntje zich een weinig naar links of rechts verplaatsen. Door nu den tijd langer te nemen kan men de uitwijkingen optellen en een grooter nauwkeurigheid verkrijgen. Om die nauwkeurigheid 10-maal grooter te verkrijgen, moet men de waarnemingstijd 100-maal langer nemen.

Voor de gevoeligheid van het thermorelais is op heden de uiterste grens bereikt. Behalve zwakke electrische stroomen kan men door middel van het thermorelais zwakke lichtstralen meten. Men vangt die lichtstralen op met een thermo-element, bestaande uit 2 aaneengesoldeerde metalen plaatjes.

Het is niet onwaarschijnlijk, dat de moleculair-beweging ook zal blijken van invloed te zijn bij radio-uitzendingen. Wanneer

men allerlei zwakke stroomen versterkt bij de uitzending, dan worden ook de storingen, die wellicht door moleculaire beweging ontstaan, versterkt. Maar hierover heeft men thans nog geen voldoende waarnemingen.

Ten slotte is de moleculaire beweging van invloed bij het wegen van lichte voorwerpjes. Hoe gevoeliger de balans, des te meer raakt deze in beweging door moleculaire invloeden. Ook deze kan men weer elimineeren door den tijd van waarneming maar behoorlijk te verlengen.

De beteekenis van nauwkeurige waarnemingen is oorzaak, dat de theoretische natuurkunde een grooten bloei beleeft. Door verbetering van de instrumenten zal het mogelijk zijn in de toekomst nog allerlei verschijnselen waar te nemen, die wij thans nog niet kennen.

GEOLOGISCHE EXPLORATIETOCHTEN OP HET EILAND CELEBES.

door

PROF. DR. H. A. BROUWER.

De aandacht van geomorphologen, zoögeographen en geologen is reeds lang op het eiland Celebes gevestigd. Voor zijn merkwaardigen vorm zijn verschillende verklaringen gegeven en de gebroeders Sarasin hebben uitgebreide zoögeographische onderzoekingen op het eiland verricht, waardoor de vroegere landverbindingen met de aangrenzende eilanden konden worden gereconstrueerd.

Celebes is moeilijk te bereizen en daar voor het verkrijgen van algemeene geologische resultaten langdurige gedetailleerde onderzoekingen noodzakelijk zijn, liepen de synthesen, welke omtrent de geologische samenstelling en den bouw van het eiland door verschillende auteurs zijn gegeven, sterk uiteen door gebrek aan voldoende betrouwbare gegevens. De bekende gegevens werden door de Sarasin's in 1901, door Bücking in 1902 en door Verbeek in 1908 samengesteld en daarbij blijkt voldoende, hoe weinig toen nog omtrent de geologie van het eiland bekend was. Later volgden meer gedetailleerde onderzoekingen en verkenningstochten, waarvan de resultaten in het Jaarboek van het Mijnwezen en in andere publicaties zijn verschenen, terwijl sterk uiteenloopende beschouwingen over de geologische geschiedenis en den bouw van het eiland o. a. door Ahlburg en Abendanon werden gegeven.

Ten einde ons inzicht omtrent den bouw en de geologische geschiedenis van Celebes te vermeerderen werd door mij in 1929 een expeditie naar het eiland ondernomen, waaraan door twee

geologen van den Indischen Opsporingsdienst, Dr. W. H. Hetzel en Dr. H. E. G. Straeter, werd deelgenomen.

De volgende reisroute werd door de expeditie gevolgd. Na voorbereidende werkzaamheden te Makassar werd in de eerste plaats Boetón bezocht. Na onderzoekingen op dit eiland volgde een onderzoek van het nabijgelegen eiland Kabaëna, waarna een doorsteek dwars den zuidoostarm van Celebes ten Zuiden van het Towoeti meer werd uitgevoerd. De transporten werden gedurende dien tocht in het zware en onbewoonde bergterrein door aanhoudende regens bemoeilijkt. Hierop volgde een onderzoek van Centraal-Celebes, eerst het oostelijk deel en de aansluitingsgebieden met het oostelijke en het zuidoostelijke schiereiland, daarna het Pompangeo-gebergte en de gebieden in de omgeving van het Posso meer. Daarna volgde het onderzoek van westelijk Centraal-Celebes en van het zuidelijk deel van het noordelijk schiereiland. Ten slotte werd het aansluitingsgebied van Centraal-Celebes met het zuidelijk schiereiland en het gebied ten Zuiden van het Posso meer onderzocht.

Het koelievraagstuk gaf slechts bij den doorsteek door het zuidoostelijk schiereiland moeilijkheden, doch door de medewerking der bestuursambtenaren konden deze na korten tijd worden overwonnen. Gedeelten van Centraal-Celebes zijn ontboscht, doch in het grootste deel van het onderzochte gebied werd het onderzoek in het, bovendien doorgaans zeer zware, bergterrein voor den geoloog door de zware bebossching sterk bemoeilijkt. Voor eenigszins nauwkeurige waarnemingen is men op de rivierloopen aangewezen, die dan ook in hoofdzaak werden gevolgd, voor zoover althans de waterstand en de stroomsnelheid in de meestal zeer diep ingesneden dalen dit toelieten.

Wat de geologische resultaten der expeditie betreft kan het volgende worden medegedeeld. Er kan slechts een overzicht worden gegeven, daar voor de definitieve resultaten moet worden gewacht op de bewerking van het uitgebreide bijeengebrachte gesteenten-

en fossielenmateriaal. Celebes ligt in het centrum van den Oost-Indischen archipel en daarom zijn de geologische geschiedenis en de bouw van dit eiland van groot belang voor een juist begrip omtrent het verband tusschen de eilandenreeksen in Zuid-Oost-Azië. De Indische archipel behoort tot het gebied der jonge ketengebergten op aarde, die als het ware geklemd liggen tusschen meer starre gedeelten der aardkorst, waartoe deelen van Azië en Australië behooren. Van de tertiaire plooiingsgebergten kunnen drie groote bogen tot in den archipel worden vervolgd, nl. de Burmaansche boog over Sumatra en Java, de boog, waartoe Nieuw-Zeeland en Nieuw-Guinea behooren en de gebergten der Japansche eilanden en Philippijnen, waarvan de divergeerende ketens der Philippijnen over Borneo en Celebes kunnen worden vervolgd. Haar huidigen vorm dankt Celebes aan de jongste bodembewegingen, die vooral werkzaam waren in het oostelijke gedeelte van den archipel tusschen Soenda plat en Sahoel plat en in het gebied, dat grenst aan den Indischen Oceaan. Hierdoor ontstonden de opgeheven schiereilanden als rijzende geantiklinalen, waartusschen langgerekte, diepe zeebekkens voorkomen als de begrenzende geosynklinalen.

Achtereenvolgens zullen worden besproken de oudere tertiaire plooiingsbewegingen en de jongere rijzende bewegingen, die met een intensieve breukvorming aan de oppervlakte gepaard gingen.

Over den ouderdom der plooiende bewegingen waren tot nu toe sterk uiteenloopende meeningen uitgesproken. Zoo vermeldt b.v. Ahlburg, dat Celebes zou behooren tot een palaeozoisch plooiingsgesteente met een algemeene strekking van N W naar Z O. Dit gebergte zou in het mesozoicum zijn gedenudeerd, mesozoische afzettingen zouden op het eiland niet zijn afgezet, behalve de afzettingen uit het boven-krijt, waarmede de eerste transgressie sinds het palaeozoicum zou zijn begonnen. Dat de eerste meening niet juist kan zijn werd door het aantoonen van veel mesozoische afzettingen van verschillenden ouderdom bewezen, terwijl ook

de algemeene strekking geenszins van N W naar Z O is gericht. Door Abendanon werd verondersteld, dat de geplooide schisten en gneizen van Centraal-Celebes ongeveer een O-W strekking vertoonen, terwijl deze gesteenten van prae-cambrischen ouderdom zouden zijn. De prae-cambrische gebergten zouden in het palaeozoicum zijn gedenudeerd en de kristallijne gesteenten zouden in Centraal-Celebes niet of nauwelijks door de post-eoceene plooiingsbewegingen zijn beïnvloed, welke elders op het eiland hun werking hebben uitgeoefend. Deze meening wijkt dus sterk van die van Ahlburg af en geen van beide werden door de resultaten van onze onderzoekingen bevestigd, hetgeen uit het onderstaande genoegzaam moge blijken.

Met betrekking tot den ouderdom der plooiingsverschijnselen werd door ons vastgesteld, dat intensief geplooide mesozoische sedimenten een groote verbreiding hebben, terwijl vroegere waarnemingen over een horizontale ligging van eoceene sedimenten niet werden bevestigd. De kristallijne schisten kunnen ten deele een hoogen ouderdom bezitten, maar vele kunnen tot jongere metamorphe gesteenten behooren en de meening, dat de geologische geschiedenis en de bouw van Celebes belangrijk zouden afwijken van die der aangrenzende deelen in den archipel wordt niet bevestigd. Celebes behoort tot de tertiaire ketengebergten rondom den Pacifischen Oceaan en zelfs jong-tertiaire sedimenten werden door ons sterk geplooid, soms zelfs met overhellenden stand der lagen, aangetroffen.

Een zeer opvallend verschijnsel is de rangschikking in zones der verschillende gesteenteassociaties in Centraal-Celebes. De voortzetting dezer zones wordt in de verschillende schiereilanden gevonden. De grenslijnen tusschen deze zones verloopen in Centraal-Celebes ongeveer van Noord naar Zuid.

We onderscheiden:

1e. een oostelijke of buitenzone, waarin basische eruptiefgesteenten en mesozoische kalksteenen overheerschen. Deze zone

kan worden vervolgd in het oostelijke en in het zuidoostelijke schiereiland.

2e. een zone, waarin kristallijne schisten overheerschen. Ten Noorden en ten Zuiden van het Posso meer komen in deze zone ook gesteenten der eerste zone voor. De kristallijne gesteenten herinneren somtijds sterk aan de mesozoische „Bündner Schiefer" der Zwitsersche Alpen.

3e. een westelijke of binnenzone, waarin zeer veel granietische tot diorietische gesteenten voorkomen en waarin de facies der mesozoische gesteenten sterk afwijken van die der eerste zone.

Hieruit blijkt, dat dwars door Centraal-Celebes een lijn verloopt, waardoor gesteenteassociaties, welke overeenkomst vertoonen met die welke in den westelijken Oost-Indischen archipel verbreid zijn, worden gescheiden van gesteenteassociaties, die kenmerkend zijn voor den oostelijken archipel. Evenals reeds langen tijd geleden voor Japan is gedaan, kunnen we van de mediane lijn van Centraal Celebes spreken. De gesteenten aan weerszijden van deze mediane lijn vertoonen voor Japan en Celebes veel punten van overeenkomst en het is van veel belang voor het juiste verband tusschen de verschillende deelen van de circumpacifische gebergten, dat deze overeenkomst blijkt te bestaan. Ongeveer ter plaatse van de Straat van Makassar verloopt een grenslijn in den Oost-Indischen archipel die ook van belang is voor de verbreiding van aardbevingen en vulkanen, voor de verbreiding van labiele en stabiele gebieden en ook voor de verbreiding van ertsafzettingen. Scherp is deze grenslijn echter niet voor alle genoemde verschijnselen en we zien dat een der grenslijnen met betrekking tot de verbreiding der verschillende gesteentetypen dwars door Centraal-Celebes, ongeveer van Noord naar Zuid kan worden getrokken.

Omtrent de hoofdstrekkingsrichting der tertiaire plooien werden door talrijke metingen de volgende resultaten verkregen. Strekking en helling der lagen wisselen in het algemeen zeer sterk, hetgeen niet behoeft te verwonderen, want in de buitenzone waren de

basische en ultrabasische eruptiefgesteenten en ook de massieve kalksteenen niet of nauwelijks plooibaar, we zien ze dan ook sterk verbroken of overgaan in mylonietische gesteenten, terwijl de meer plastische lagen dikwijls zeer intensief zijn geplooid of grootendeels zijn uitgewalst. In de zone der kristallijne schisten heerscht een zeer intensieve detailplooiing met sterk wisselende asduiking, zoodat hier van een regelmatige strekking niet kan worden gesproken. Doch door tal van waarnemingen, waarbij tevens de asduiking met behulp der streeping op de schistvlakken werd vastgesteld, kon tot een meer algemeene strekkingsrichting worden besloten. Deze is nog wisselend, in het noordelijk deel van Centraal-Celebes veelal min of meer Noord-Zuid, en met ombuigingen naar het Noordoosten en het Zuidoosten. In de nabijheid van Kolonedale schijnen in de buitenzone min of meer Noord-Zuid strekkingen te heerschen, terwijl er aanwijzingen zijn op ombuiging der hoofdstrekkingsrichting naar het noordoosten in het oostelijk schiereiland en naar het zuidoosten in het zuidoostelijk schiereiland. Uit het voorgaande zou dus volgen, dat de strekkingsrichtingen van het tertiaire ketengebergte divergeeren vanaf het centrale gedeelte van het eiland.

Thans de plooiingsverschijnselen in dwarsprofiel beschouwend, werden door ons in de buitenzone schubstructuren veelvuldig aangetroffen. De helling van de waargenomen opschuivingsvlakken is wisselend, soms staan ze zeer steil en het is thans nog niet mogelijk van een heerschende horizontale bewegingsrichting te spreken. Schubben van basische eruptiefgesteenten en van kalksteen wisselen met elkander af en zooals reeds vermeld zijn sterk verbroken typen en mylonieten dezer gesteenten verbreid. In de zone der kristallijne schisten kunnen de groote structuren in dwarsprofiel moeilijk worden waargenomen, omdat de gesteenten doorgaans niet over groote afstanden zijn ontbloot en de verschillende gesteentevariaties der metamorphe gesteenten niet zoo gemakkelijk van elkander kunnen worden onderscheiden. Maar over grooteren

afstand kan soms een min of meer horizontale ligging worden waargenomen van afwisselende banken van phylliet, kwartsphylliet en kalkphylliet of kristallijnen kalksteen, welke ieder voor zich een zeer intensieve detailplooiing vertoonen, die op belangrijke bewegingen wijst. Hierdoor mag worden verondersteld, dat de structuur der kristallijne schisten ook gekenmerkt is door groote liggende plooien of overschuivingen, welke echter nog in details zullen moeten worden uitgewerkt.

Wat de jongste bewegingen op Celebes betreft, waaraan dus het eiland zijn tegenwoordigen vorm te danken heeft, deze worden in de eerste plaats door de op het eiland plaats vindende aardbevingen geïllustreerd. Deze ontstaan, doordat plotseling gedeelten der bewegende aardkorst langs elkander schuiven en doordat dit gedurende lange tijden heeft plaats gehad ontstonden de afwisselende hooger en lager gelegen schollen, waaruit het eiland nabij zijn oppervlakte bestaat. In verschillende der lager gelegen schollen verzamelde zich het afvloeiende water, waardoor de groote meren, zooals het Posso meer en het Towoeti meer ontstonden, welke door de Posso rivier en de Larona rivier resp. naar de Golf van Tomini en de Golf van Boni afwateren. Ook door deze structuur vertoont Celebes overeenkomst met Japan en trouwens ook met andere gedeelten der Circumpacifische gebergten, zooals b.v. de uit hooger en lager gelegen schollen bestaande gebergten in de staten Californië en Nevada. Dikwijls worden de bekkens door zeer steile wanden ten opzichte van de hooger gelegen schollen begrensd, we noemen b.v. het bekken van Koelawi en de begrenzing der Paloe vlakte. Bij andere heeft de erosie reeds sterk haar invloed doen gelden en kan de breukrand langs het bekken slechts uit geologische kenmerken worden afgeleid. Verscheidene bekkens van het eiland zijn volgens min of meer rechte lijnen gerangschikt, evenals de longitudinale bekkens, welke op vele andere eilanden van den Oost-Indischen archipel worden aangetroffen. Belangrijke dwarsbreuken mogen worden verwacht bij de buigpunten der geantiklinale

assen als een gevolg van verschillen in snelheid der horizontale beweging. Ook dergelijke breuken komen voor, hetgeen niet verwondert in verband met de sterk gebogen vormen, die het eiland vertoont.

Opgeheven rifpanters vormen elders in den oostelijken archipel een gemakkelijk middel om den aard der jongste bodembewegingen vast te stellen. Op de eilanden der Timorreeks kan b.v. met behulp van de hoogten, waartoe de opgeheven koraalriffen werden gevonden de asduiking der rijzende geantiklinalen worden bepaald. Dit middel kan bij Celebes niet worden toegepast, want opgeheven koraalriffen komen als regel niet ver van de tegenwoordige kusten voor. Maar uit de hoogten der opgeheven blokken en schiervlakten kan toch wel het een en ander worden afgeleid. Centraal-Celebes is sterk opgeheven en zeer sterke opheffingen komen ook in de schiereilanden voor, zooals b.v. het Tokala gebergte in het oostelijk, het Mekongka gebergte in het zuidoostelijk en het Latimodjong gebergte in het noordelijk deel van het zuidelijk schiereiland. Ten slotte vertoonen de schiereilanden een duiking naar hunne uiteinden, maar deze duiking verloopt geenszins regelmatig vanaf het centrale gedeelte van het eiland.

We kunnen het bovenstaande als volgt samenvatten: De resultaten onzer expeditie hebben bewezen, dat Celebes geen uitzonderlijke positie in den Oost-Indischen archipel inneemt, zooals uit de meeningen van sommige vroegere onderzoekers zou moeten worden afgeleid. Het behoort tot de intensief geplooide circumpacifische gebergten en vertoont een groote overeenkomst, zoowel wat zijn geologische geschiedenis als wat zijn bouw betreft, met andere gedeelten der Circumpacifische gebergten. Evenals in Japan kan een mediane lijn worden getrokken aan de binnenzijde der kristallijne schisten, waardoor een westelijk deel, waarin de zure eruptiefgesteenten van de westelijke archipel overheerschen, kan worden gescheiden van een oostelijk deel met de karakteristieke basische en ultrabasische gesteenten van den oostelijken archipel.

DE GULDEN SNEDE

door

PROF. DR. G. VAN ITERSON JR.

(Verslag opgemaakt door Dr. G. J. de Groot).

In 1202 verscheen te Pisa een werk van Leonardo van Pisa, die zich ook noemde Fibonacci, d. i. de zoon van Bonacci (goedzak). Van dit werk, waarvan de eerste druk verloren is gegaan, kwam in 1228 een tweede druk, die bewaard is gebleven. Het was een meesterstuk en van grooten invloed op de ontwikkeling der mathematische wetenschappen. Fibonacci had, door het onderwijs, dat hij dank zijn vader in verschillende landen genoten had, zoowel de wiskunde-methoden van Euclides als de opvattingen der Indiërs leeren kennen en was niet bevredigd geworden. In een tweede meesterwerk wist hij de algebra op de geometrie toe te passen en het bijzondere was, dat hij allerlei problemen in eenvoudigen vorm goot. Bekend is de opgave van 7 oude vrouwen, die naar Rome reisden, ieder met 7 muilezels, elk met 7 zakken, waarin telkens 7 brooden, bij ieder brood zijn 7 messen en ieder mes steekt in 7 scheeden. Gevraagd wordt: hoeveel objecten zijn dat samen.

Het twaalfde hoofdstuk van zijn eerste boek behandelt het konijntjesprobleem: Als een konijnenpaar iedere maand een jong konijnenpaar voortbrengt, dat na 2 maanden een nieuw konijnenpaar voortbrengt, hoeveel konijnenparen zullen er dan na 1 jaar zijn, als alle in leven blijven? Is er te beginnen met Januari 1 paar, dan zijn er in Februari 2, in Maart 3, April 5 en vervolgens 8,

13, 21, 34, 55, 89, 144, 233 en ten slotte 377 paren in Januari een jaar later.

De reeks dezer getallen is later ook wel naar Kepler, die haar in zijn werken vermeldt, genoemd. In 1634 behandelt Girard en in 1844 Lamé de reeks opnieuw en men vindt ze ook wel onder deze namen vermeld. Ze speelt nog steeds een rol in de wiskunde; Kaiser heeft bijv. in 1929 de termen dezer reeks tot den 40en term berekend en in factoren ontbonden.

Tusschen deze reeks en de gulden snede bestaat, zooals nog nader wordt toegelicht, een nauw verband en zij komt dan ook hieronder telkens weer naar voren. Zooals bekend, is de gulden snede de verdeeling van een lijn AB door een punt C in uiterste en middelste reden, m. a. w. BC : AC = AC : AB.

De verhouding $\frac{AC}{AB} = \chi = \frac{1}{2}(-1 + \sqrt{5})$. Deze verhouding χ is tot in 34 decimalen berekend en bedraagt in 12 decimalen:

$\chi = 0{,}618033988750$, of afgerond: 0,618.

De verhouding $\frac{AB}{AC} = \frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$. Deze wordt aangeduid door φ (als afkorting van Pheidias) $\varphi = 1{,}618\ldots$

Tusschen φ en χ bestaan nog deze betrekkingen:

$$\varphi = \frac{1}{\chi} = 1 + \chi.$$

In allerlei natuurvormen, in de aesthetika, in de bouwkunde, in de beeldende kunsten en in de muziek vinden wij de verhoudingen φ en χ terug, en ook in de mystiek heeft men hieraan geheimzinnige beteekenis toegekend.

Van het voorkomen dezer verhouding geeft spr. een aantal voorbeelden. Spreker gebruikt hierbij een bijzonderen (door Goeringer geconstrueerden) 3-beenigen passer, waarvan de punten bij elken stand onderlinge afstanden hebben in de verhouding der gulden snede. Door middel van dezen passer is ieder in staat de

gulden snede bij de op het doek geprojecteerde lichtbeelden te controleeren.

In de *Rekenkunde* kan men de „goddelijke verhouding" terugvinden in een getallenreeks, die men kan aanduiden als de gulden reeks, waarin φ en χ termen zijn:

0,146 0,236 0,382 0,618 (χ) 1 1,618(φ) 2,618 4,236 6,854 enz. Hierbij is iedere term gelijk aan de som der beide vorige termen en bovendien de verhouding van 2 op elkaar volgende termen 0,618. In de reeks van Fibonacci 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13 enz. is ook iedere term gelijk aan de som van de beide voorafgaande, maar daarvoor is de verhouding van 2 op elkaar volgende niet constant; evenwel nadert de verhouding der hoogere termen weer de verhouding 0,618. Deze reeks van Fibonacci is dus een *benadering* tot de gulden reeks en een des te nauwkeuriger benadering naarmate men hooger in de reeks opklimt.

Meetkunde. Wanneer van een rechthoek de lange en korte zijde zich als φ verhouden, dan kan men hem aanduiden als een gulden rechthoek; men kan zulk een rechthoek verdeelen in een kwadraat en een kleinen rechthoek, die ook weer een gulden rechthoek zal zijn. Noemt men den inhoud van het kwadraat 1, dan is die van den grooten rechthoek φ, van den kleinen χ. Dit is een eenvoudige wijze om een denkbeeld te geven van deze twee grootheden en hun onderling verband.

Bij den regelmatigen vijfhoek en den regelmatigen tienhoek snijden de diagonalen elkander volgens de gulden snede; ook tusschen zijden en diagonalen komen deze verhoudingen voor.

Tusschen de afmetingen van de regelmatige lichamen: tetraeder, kubus, octaeder en pentagoondodekaeder en regelmatig twintigvlak, bestaan verhoudingen, die door φ en χ uitgedrukt kunnen worden (Pacioli, Kepler).

De verhoudingen φ en χ zijn zeer fraai tot uitdrukking te brengen bij logarithmische spiralen. De logarithmische spiraal onderscheidt zich van de Archimedische spiraal, doordat bij de

eerste de windingen steeds grooter onderlingen afstand krijgen en doordat de hoek tusschen voerstraal en kromme constant blijft (definitie der logarithmische spiraal van Descartes).

Een bijzonderheid van de logarithmische spiraal is nog, dat wanneer 3 voerstralen onderling gelijke hoeken maken, de middelste voerstraal middelevenredig is tusschen den kleinen en den grooten.

Fraai zijn logarithmische spiralen o. a. te zien in de rangschikking der vruchtjes op den bloembodem van de Zonnebloem.

Een eerste logarithmische spiraal, waarin de verhouding φ tot uitdrukking komt, is de Nautilus-spiraal, aldus genoemd, omdat deze benaderend voorkomt bij de schelp van Nautilus pompilius (een Cephalopode, waartoe ook de Inktvisschen behooren). Bij deze spiraal verdeelt het middelpunt den verlengden voerstraal in uiterste en middelste reden.

Een tweede spiraal, waarin de verhouding φ een rol speelt, is de spiraal van Phidias, waarvoor de afstanden tusschen 2 opeenvolgende windingen zich verhouden als $\chi = 0{,}618$.

Botanie. In 1884 onderzocht Otto Müller de deeling bij de diatomee Melosira arenaria, welke den vorm van een rond doosje met dekseltje heeft. Bij deeling schuiven deksel en doosje uiteen en binnen deze stukken vormen zich twee nieuwe bodems, zoodat naar iedere zijde een nieuw doosje ontstaat. Door slijm worden de doosjes bijeen gehouden, zoodat er banden van doosjes ontstaan. Het aantal individuen in iederen band is niet willekeurig, maar volgt de reeks van Fibonacci. Otto Müller kon, doordat de nieuwe bodem van de grootste schaal van de diatomee een verdikten rand heeft, de afstamming der individuen uit één band nauwkeurig vervolgen en het bleek, dat een van de twee bij deeling gevormde cellen na de deeling één keer haar beurt voorbij liet gaan (dus op gelijke wijze als bij de jonge konijnen, die pas na 2 maanden een nieuw paar leveren). De waarnemingen van Otto Müller zijn des te merkwaardiger, daar hij de reeks van Fibonacci niet kende. Spreker wijst er op, dat voor de op elkaar volgende lange banden

de verhouding der lengten steeds meer moet naderen tot de verhouding χ. Hier heeft men dus een geval, waarin men onmogelijk het voorkomen van die verhouding in de natuur kan loochenen en waarin een verklaring voor het optreden daarvan kan worden gegeven.

Een fraai voorbeeld van de gulden snede leveren de bladeren van het Pijpkruid (Anthriscus vulgaris). Aan een lantaarnplaatje, dat een blad in „Naturselbstdruck" afbeeldt, en geheel niet met vooropgezette bedoeling uitgekozen is, demonstreert spr. met zijn passer, hoe de lengten der zijblaadjes der hoofdnerf steeds weer de verhouding χ vertoonen. Ook lengte en breedte van beukebladen vertoonen in „Naturselbstdruck" deze verhouding.

Waardoor deze verhoudingen in vele bladeren ontstaan en wat hiervoor precies bij de ontwikkeling van een blad gebeurt, weten wij niet, maar spr. licht toe, hoe men door een hypothese over de volgorde der celdeelingen, zulke verhoudingen zou kunnen verklaren. Die hypothese sluit zich nauw aan bij het konijntjesprobleem.

Spreker is van meening, dat men niet zal kunnen volstaan met het beschouwen van de celdeelingen ter verklaring van het optreden van de gulden snede. Hij vermoedt, dat men zelfs zal moeten teruggaan tot deelingen van kleinere levenselementen, de protomeren van Heidenhain. Ter toelichting hiervan verwijst hij naar een studie van Suringar over de bacteriënpakketjes van een Sarcina. Deze pakketjes worden door den groei der bacteriën langer en wel beurtelings in de 3 ruimterichtingen. Zij vallen, als ze bepaalde afmetingen hebben, in 2 klompjes uiteen en nu verhouden zich op dat moment de grootste en kleinste afmeting der pakketjes ongeveer als 0,618.

De reeks van Fibonacci herhaalt zich in de bladstanden, hoewel de natuur in haar veelzijdigheid het ook anders kan. Het is bekend, dat de bladeren aan vele planten volgens schroeflijnen langs den stengel gerangschikt zijn. Verbindt men bijv. bij een stam van een boomvaren (Alsophila spec.) de litteekens der bladeren op

dien stengel, dan ontstaan er schroeflijnen en wel 3 in de ééne richting, 5 in de andere (twee termen uit de reeks van Fibonacci). Men spreekt dan van het stelsel 3 + 5.

Kegelschubben van Zamia vertoonen het stelsel 5 + 8, kegels van Picea hebben o. a. de systemen 5 + 8 of 8 + 13, terwijl bij Ceratozamia 13 + 21 voorkomt. Zoo vindt men zeer gemakkelijk in de natuur voorbeelden van op elkander volgende getallen uit de reeks van Fibonacci.

Nu zijn er ook zeker andere bladstanden, b.v. de kruiswijze, en andere systemen, die als veelvouden van de genoemde enkelvoudige systemen kunnen worden beschouwd en deze zijn niet zeldzaam. Wel zijn dit geheel afwijkende systemen; zoo wordt bv. als groote uitzondering het systeem 3 + 4 bij Euphorbia biglandulosa gevonden. Pinus pinaster vertoont soms, maar zeer zelden, in de kegels het systeem 4 + 9 of 5 + 9.

Het verband tusschen de gulden snede en de bladstanden demonstreert spreker nog op een andere wijze. Breekt men een kegel van Ceratozamia dwars door, dan ziet men de schubben regelmatig rond de as gerangschikt en men kan den hoek tusschen 2 opeenvolgende schubben meten. Deze bedraagt gemiddeld ongeveer 137°30[1]. Deze hoek verdeelt den cirkelomtrek weer in uiterste en middelste reden.

Men heeft het veelvuldig optreden van de getallen van de reeks van Fibonacci bij de bladstanden wel willen verklaren als gevolg van een mechanisch procédé. Die verklaringswijze licht spreker toe met behulp van bolzuilen, waarvan het eerste voorbeeld geconstrueerd is door een Italiaansch botanicus, Delpino. Deze zuil krijgt men door een eenvoudige opstapeling van bollen; die bollen staan dan op schroeflijnen gerangschikt en wel kan men alle bollen in 1 schroeflijn, of in 2 andere schroeflijnen of wel in 3 andere schroeflijnen opnemen (drie getallen uit de reeks van Fibonacci). Delpino meende, dat dit de eenige bolzuil was, die men door regelmatig rangschikken van bollen kan opbouwen.

Maar er zijn sedert een geheele serie bolzuilen geconstrueerd en sommige daarvan kunnen gemakkelijk door een mechanisch procédé in elkaar overgaan. Dit demonstreert spreker aan een model.

Aan een platte elastieken strook is aan weerszijden een reeks houten bollen bevestigd, terwijl die strook sterk uitgerekt is. Trekt het elastiek zich samen, zoodat de bollen tegen elkaar gedrukt worden, dan schuiven zij langs elkaar en vormen schroeflijnen. Er ontstaat zoodoende allereerst de bolzuil van Delpino. Hetzelfde verschijnsel kan men nu verder voortzetten, als men de centrale strook door een massieve as vervangt, die men hoe langer hoe dikker maakt, terwijl men gelijktijdig de bollen tegen elkander drukt. De bollen rangschikken zich dan in nog meer schroeflijnen om de zuil, en wel volgens aantallen uit de reeks van Fibonacci.

Men heeft nu wel gedacht, dat ook in de natuur op overeenkomstige manier uit eenvoudige rangschikkingen van bladen aan een stengel de hooge systemen door verschuiving zouden ontstaan. Inderdaad komen eenvoudige rangschikkingen, vergelijkbaar met die van de 2 rijen bollen langs een elastieken strook, bij de eerste blaadjes aan kiemplantjes niet zelden voor.

Een bezwaar, dat men hiertegen zou kunnen aanvoeren, dat bolzuilen niet op natuurlijke objecten gelijken, weerlegt spreker door projecteeren van een vruchttros van den kokosan (Lansium domesticum), die precies als de bolzuil van Delpino is opgebouwd. Bij de druifhyacinth (Muscari botryoides) zitten de opeengepakte bolvormige bloemknopjes van het trosje aanvankelijk volgens het schroeflijnensysteem $2 + 3$ rond den stengel gerangschikt; gaan de bloemen open, dan schuiven ze in het systeem $3 + 5$. Hier ziet men het overgaan van het lagere bolsysteem in een hooger door een mechanisch procédé dus zelfs in de natuur voor zich. Maar dit is toch een uitzondering en de bladstanden van de reeks van Fibonacci komen in den regel op andere wijze tot stand. Voordat daarover iets wordt gezegd, vertoont spreker eerst de

rangschikking der bladen op het moment, dat ze het eerst zichtbaar worden, d. i. aan het groeipunt van den stengel.

Aan die groeipunten staan de bladen bij beschouwing van bovenaf volgens logarithmische spiralen en de aantallen daarvan geven in verreweg de meeste gevallen weer twee op elkaar volgende getallen uit de reeks van Fibonacci te zien. Bij de jasmijn heeft men bijv. het systeem 2 + 3, bij Verbascum (toorts) 3 + 5, bij Sempervivrum (huislook) 5 + 8, bij de hoofdjes der Dahlia 8 + 13, bij Sempervivum spinulosum 8 + 13, bij de vruchtjes van de Zonnebloem zelfs 34 + 55 of 55 + 89.

Dat de natuur ook anders kan, blijkt bij Syringa vulgaris (kruiswijze bladstand) en Lycopodium 5 + 5. Maar dit zijn weer veelvouden van de vorige gevallen. Groote uitzonderingen zijn systemen zooals 5 + 6.

Nu is wat spreker hier vertoonde, eigenlijk precies hetzelfde als wat hij eerst aan de volwassen stengels demonstreerde. Immers de logarithmische spiralen, die men bij beschouwing van boven af op het groeipunt van den stengel waarneemt, gaan lager aan dien stengel over in schroeflijnen en als dus de logarithmische spiralen de getallen van Fibonacci toonen, moeten dat ook de schroeflijnen doen.

Maar spreker heeft de beschouwing der groeipunten noodig, omdat zich daaraan de veranderingen van bladstanden, de overgangen van lagere in hoogere systemen, beter laten demonstreeren dan aan stengels. Zoo laat spreker zien, hoe aan een groeipunt van het Madeliefje de buitenste bladen staan volgens het systeem 2 + 3, terwijl meer naar binnen gelegen bladen staan volgens 5 + 8 en de meest naar binnen aangelegde, juist als kleine verhevenheden zichtbare, bladen volgens het systeem 13 + 21 gerangschikt zijn.

Het is aan zulk een groeipunt nu wel heel duidelijk te zien, dat een verklaring van het optreden van de hoogere systemen door langzaam uiteenschuiven van eenvoudige systemen, niet

afdoende is, want de jonge bladen zitten van den aanvang af op hun juiste plaats in het hoogere systeem. Church (1904) heeft in een bijzonder interessant werk over bladstanden deze verschijnselen van overgang van systemen van bladstanden nader bestudeerd en beschreven. Hij heeft schema's opgesteld voor de wijze, waarop er bij den bedoelden overgang nieuwe spiralen bij de reeds aanwezige komen en spreker laat nu zien, hoe die schema's identiek zijn met den stamboom, dien men voor het konijntjesprobleem van Fibonacci kan opstellen, waarbij opgemerkt wordt, dat Church dien stamboom niet kende.

Waarom telkens één van twee spiralen (evenals de konijntjesparen) zijn beurt laat voorbijgaan bij de verdubbeling is nog niet opgehelderd en er is dan ook geen sprake van, dat men de bladstanden als volledig verklaard kan beschouwen. Er ligt hier nog een terrein van studie open. Maar men zal uit het voorbeeld van de mechanische verklaringswijze van het ontstaan der hoogere uit de lagere bladstanden toch wel inzien, dat men zijn toevlucht niet tot bovennatuurlijke verschijnselen zal behoeven te nemen.

Van de theorieën, die men heeft opgesteld, om in de plaats van de verschuivingshypothese te treden, memoreert spreker er twee, zonder ze verder toe te lichten. In de eerste plaats noemt hij een theorie van Church zelf (1904), die aanneemt, dat de groeiverdeeling in het groeipunt zoodanig is, dat de jongste bladen bij voorkeur gerangschikt worden volgens 2 logarithmische spiralen, die de voerstralen snijden onder hoeken, wier cotangenten zijn $\chi = 0{,}618$ en $1 + \chi = 1{,}618$. Volgens Beijerinck (1927) zouden de bevoorkeurde spiralen aan het groeipunt zulke zijn, waarvan de cotangenten zijn $\sqrt{\chi}$ en $\sqrt{1 + \chi}$. De voerstralen, die door 2 opeenvolgende snijpunten dezer twee laatste spiralen gaan, vormen den bekenden hoek 137°30'. Men ziet, hoe in deze beide theorieën het getal χ weer een rol speelt.

In de *Zoölogie* treffen wij verschillende voorbeelden van de gulden snede en de reeks van Fibonacci aan. Bij de ontwikkeling

van de longen in het menschelijk embryo ontstaan blaasjes (pneumonomeren), die zich nog herhaaldelijk door knopvorming deelen (K. W. Bender 1925). Doordat ook telkens een blaasje zijn beurt van deelen laat voorbijgaan, ontstaan er getallen uit de reeks van Fibonacci. Hierbij is vooral interessant, dat deze pneumonomeren meercellige vormingen zijn. Men ziet dus, dat wat voor de ééncellige Melosira arenaria gold, hier voor een vrij gecompliceerde meercellige vorming doorgaat — voorbeelden van gevallen, waarin histomeren zich soortgelijk gedragen als enkele cellen, worden trouwens steeds talrijker. De merkwaardige deelingswijze bij de pneumonomeren volgens het konijntjessysteem komt ten goede aan de ruimteverdeeling der longblaasjes in ieder longlapje (Heidenhain). Een longlapje benadert met de rangschikking der longblaasjes den vorm van een spiraal. Ook verschillende klieren ontwikkelen zich op dergelijke wijze, maar sommige klieren volgen een andere deelingswijze.

Spreker treedt dan in nadere beschouwing van de schelp van de Nautilus en wijst er op, hoe de vorm daarvan nog niet verklaard is, maar dat z. i. daarbij de vondst van Bender voor de long den weg zal wijzen. Vele der fossiele Ammonieten vertoonen eveneens deze Nautilusspiraal. Maar de natuur kan ook hier andere wegen inslaan.

Planorbis corneus, een algemeen slakje uit de slooten, vertoont zeer fraai de Nautilusspiraal. Ook de schaaltjes van vele ééncellige Foraminiferen, bv. van Anomaline ammonoides (grootste afmeting 0,4 mm), geven dezelfde Nautilusspiraal te zien. Daarentegen heeft Ammodiscus incertus een geheel afwijkend gevormde spiraal. Bij andere Foraminiferen zijn de schaaltjes in kamertjes verdeeld en de microscopische dwarsdoorsneden geven systemen van logarithmische spiralen te zien 1 + 1, 1 + 2, 2 + 3 en 3 + 5, alsook overgangen van deze systemen in elkaar; dit alles precies gelijkende op hetgeen men aan de groeipunten der hoogere planten kan waarnemen. Dit is vooral merkwaardig, omdat men hier met ééncellige organismen te maken heeft.

Het punt, waar de epiphyse in de hersenen ligt, verdeelt de hersenen in verschillende richtingen in uiterste en middelste reden. De doorsnede van de hersenkas vertoont dus de Nautilusspiraal. Ook tusschen hypo- en epiphyse-afstanden herhaalt zich deze verhouding (H. Reich 1926). Men zal blijkens het voorafgaande ook in dit geval wel aan speciale deelingsprocessen moeten denken.

In de *Aesthetica* komen wij eveneens met de gulden snede in aanraking. Fechner legde een aantal proefpersonen verschillende papieren rechthoeken voor, alle van hetzelfde oppervlak, maar van verschillend formaat. Op de vraag, welken rechthoek zij het mooist vonden, bleek groote voorkeur te bestaan voor den rechthoek, welks zijden zich verhielden als χ; mannen en vrouwen waren eensluidend in hun oordeel.

Wanneer in den rechthoek figuren voorkomen, dan wordt een ander formaat geprefereerd. Toen Fechner dan ook de formaten van de schilderijen in allerlei musea onderzocht, bleek het, dat de verhouding χ daarbij niet het meest voorkwam. Ook bij het aanbrengen van den dwarsbalk voor een kruis wordt deze verhouding niet als de fraaiste toegepast. De dwarsbalk wordt meestal op 1/3 van den bestaanden balk aangebracht.

Helwig (1897 en 1901) meent op grond van een theoretische beschouwing te mogen besluiten, dat (naast de verdeeling $\frac{CA}{CB} = 1$) de schoonste verhouding bij de verdeeling van een rechte lijn zou zijn $\frac{CA}{CB} = 1 - \frac{1}{e}$, waarbij e het grondtal is der Naperiaansche logarithmen. Deze verhouding is dan 0,632, dus niet geheel gelijk aan χ. Maar hierbij moet een drempelwaarde in rekening worden gebracht, waaronder wij de verhouding niet meer kunnen beoordeelen. Doet men dit, dan levert Helwig's theorie, naast de gelijkheid, een waarde, die zeer dicht komt bij χ.

Spreker ontwikkelt een andere verklaring van de voorkeur voor deze verhouding. Wanneer vinden wij een figuur schoon? Wanneer

deze een zekere symmetrie of regelmaat vertoont. Prof. Heymans verklaarde dit voor symmetrie als volgt: de symmetrische structuur voldoet ons, omdat wij een zelfde ding nog eens terugzien, waardoor een zekere gemakzucht in den waarnemingsgeest wordt bevredigd. Dessoir heeft deze theorie uitgebreid voor het herhalen van een aantal gelijkvormige figuren. Bij de beoordeeling van de proporties van een rechthoek past men onwillekeurig de eene rechthoekszijde op de ander af, en beoordeelt in hoeverre de rechthoek van een kwadraat verschilt, en daarbij zal men juist alleen voor den gulden rechthoek een gelijkvormigen rechthoek overhouden. Dit is naar sprekers meening de reden, waarom die rechthoek meer bevredigt dan rechthoeken met andere verhoudingen van de rechthoekszijden.

Intusschen zal men na de proeven van Fechner niet meer verwonderd zijn, wanneer men bemerkt, dat χ een rol speelt in de *Kunst*. In allerlei kunstwerken kan men de gulden snede terugvinden, bv. in de lichaamsafmetingen van de Venus van Botticelli. Leonardo da Vinci was met de gulden snede volkomen bekend (hij teekende figuren voor Pacioli's werk over de Goddelijke verhouding) en heeft die, misschien bewust, in zijn kunstwerken toegepast, hetgeen spreker demonstreert aan een reproductie van zijn schets van de „Aanbidding der Koningen", waarbij het „oogpunt" het vlak van de teekening in horizontale en vertikale richting in uiterste en middelste reden verdeelt.

Het kaarsvlammetje van de „Avondschool" van Gerard Dou, het hoofdpunt van het werk, deelt zoowel de lengte als de breedte van de schilderij in uiterste en middelste reden.

Bij Grieksche vazen treft men de verhoudingen $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$ en $\sqrt{5}$ aan. De studies van Hambidge hebben waarschijnlijk gemaakt, dat de Grieksche kunstenaars verhoudingen van de oppervlakken in aanmerking namen, die zich dus bij de zooeven bedoelde vazen verhielden als 2, 3, 4 en 5. Maar behalve constructies van vazen op deze thema's is bij sommige Grieksche vazen ook de gulden rechthoek in de afmetingen te vinden en dan keert

die rechthoek ook in de onderdeelen der constructie terug, evenals dat de eenvoudige verhoudingen in de volgens de zooeven bedoelde thema's geconstrueerde vazen doen. Men denke hierbij vooral ook aan het beginsel van Dessoir. De verhouding tusschen steel en pan van een antieke Grieksche braadpan, die spr. projecteerde, bedroeg χ.

In de *Bouwkunde* komt allereerst de Pyramide van Cheops ter sprake, welke herhaaldelijk en het laatste in 1922 door L. Borchardt (die door een studie in 1928 ook de bouwgeschiedenis der pyramiden heeft opgehelderd) is bestudeerd. Een eerste opvatting van het bouwprincipe is, dat halve basis : hypothenusa $= \chi$, waarbij de basishoek 51°49,6¹ moet zijn. Een tweede opvatting is, dat basis : hoogte $= \frac{\pi}{2}$, hetgeen beantwoordt aan een basishoek van 51°51,2¹, maar deze opvatting vindt tegenwoordig weinig aanhangers meer. De derde opvatting, n.l. die van Borchardt, is, dat de halve basis : hoogte = 11 : 14, waarbij de basishoek moet bedragen 51°50,6¹. De basishoek is door Petrie gemeten met een waarschijnlijkheidsfout van 2¹; hij vond $51°52^1 \pm 2^1$, zoodat uit de waarnemingen geen beslissing is te verkrijgen. De studie van Borchardt over de wijze, waarop de oude Egyptenaren hellingen uitdrukten, maakt het echter wel zeer waarschijnlijk, dat de gulden snede in de Pyramide van Cheops *niet* aanwezig is; de zooeven genoemde verhouding, halve basis : hoogte = 11 : 14, is er eene, die volkomen in het systeem der oude Egyptenaren past.

Veel waarschijnlijker is, dat de gulden snede in de bouwwerken der Grieken tot uitdrukking is gebracht, maar die bouwwerken ontstonden rond 2500 jaren later en de Grieken kenden de gulden snede toen zeer zeker. Dit geldt bijvoorbeeld voor het Parthenon, waarbij de gulden snede en de gulden rechthoek in allerlei onderdeelen te vinden zijn.

De Ionische kapiteelen vertoonen somtijds de Nautilusspiraal. Maar ook andere verhoudingen komen in bouwwerken voor.

In de Gothiek zijn deze zeker regel; daar treft men bv. vaak den gelijkzijdigen driehoek aan. Berlage benaderde bij den bouw van de Amsterdamsche Beurs echter weer doelbewust de gulden snede. Hij maakte gebruik van een gelijkbeenigen driehoek met basis 8 en hoogte 5 (2 getallen uit de reeks van Fibonacci) en basishoeken van 51°20[1]. Dit wijkt dus af van den hoek van 51°49,6[1], die bij de gulden snede zou optreden (zie hierboven), maar Berlage heeft het principe van Dessoir consequent doorgevoerd en dat is de basis, waarop een schoone constructie moet berusten.

In de *Muziek* vertoonen de intervallen tusschen de tonen cijfers uit de reeks van Fibonacci. De afstanden van de boventonen op een piano tot den grondtoon verhouden zich bij ruwe benadering als de gulden snede. Het is denkbaar, dat in de celgroepeeringen van het orgaan van Corti in ons gehoororgaan tijdens de ontwikkeling (op analoge wijze als bij de pneumonomeren) rangschikkingen optreden volgens de gulden snede, maar spreker oppert dit alleen maar als een zeer losse hypothese om duidelijk te maken, dat men ook in dit geval niet tot bovennatuurlijke verklaringen zijn toevlucht zal behoeven te nemen.

In een oude teekening, die uit de nalatenschap van Stradivarius afkomstig zou zijn (hetgeen intusschen niet geheel vaststaat), vindt men lijnen in violen aangegeven, die elkaar volgens de gulden snede snijden. De krul van een oude Duitsche viool, die spr. projecteert, vertoont de Nautilusspiraal.

Over de *Mystiek* zal spreker kort zijn. Hij demonstreert de verhoudingen der gulden snede in het pentalpha van de School van Pythagoras, in de swastika's, waarvan de gebogen exemplaren lijnstukken zijn uit de Nautilusschelp en de rechtlijnige soorten somtijds op het thema χ zijn geconstrueerd. Enkele voorhistorische altaren en het geheimteeken van Wodan wijzen erop, dat men sinds de oudste tijden bovennatuurlijke eigenschappen aan de Nautilus-spiraal en de verhouding der gulden snede toekende.

PRAKTISCHE METHODEN ZUR VERJÜNGUNG

von

DR. MED. P. SCHMIDT.

Im menschlichen Körper gibt es Drüsen, die ihre Sekrete nach aussen oder in Körperhöhlen abgeben, so die Schweiss- und Talgdrüsen oder die Speicheldrüsen und die Leber, die die Galle produziert. Im Gegensatz zu diesen „Drüsen mit äusserer Sekretion" kennen wir seit Jahrzehnten Organe, welche drüsigen Bau aufweisen, aber ihre Sekrete nicht nach aussen, sondern direkt in die Blutbahn gelangen lassen, sogenannte „Drüsen mit innerer Sekretion". Ihre Sekrete nennt man Hormone. Diese sind chemische Reizstoffe, die weit entfernt vom Ort der Herstellung ihre Tätigkeit entfalten und zwar in sehr geringen Quantitäten. So übt z.B. das Hormon der Nebennieren eine ausserordentliche starke Wirkung auf das Herz und Gefässsystem aus. Wir haben bis heute eine ziemlich eingehende Kenntnis über das Hormon der Schilddrüse der Nebennieren und das Hormon der Hypophyse (Hirnanhang).

Von der hinter dem Magen liegenden Bauchspeicheldrüse wussten wir bisher nur, dass sie verdauende Sekrete in den Darm abgibt. Bei vollkommener Entfernung dieser Drüsen aber ergibt sich eine Störung des Zucker-Stoffwechels, die man Diabetes nennt. Seit einigen Jahren wissen wir, dass die Bauchspeicheldrüse noch eine Aufgabe erfüllt; sie produziert das Hormon, welches den Zuckerhaushalt im Körper regelt, das Insulin. Wir haben es

also bei dieser Drüse mit einer doppelten Funktion, nämlich einer äusseren und inneren zu tun.

Ebenso liegen die Verhältnisse bei der Keimdrüse (Hoden und Eierstock). Die Keimdrüse produziert erstens die Fortpflanzungskeime (Samentierchen und Eier), die in die Aussenwelt resp. die Bauchhöhle abgegeben werden und die Keimdrüsenhormone, die in die Blutbahn gelangen. Die Gewebsbestandteile der Keimdrüse, in denen die Hormonen gebildet werden, nannte Steinach die Pubertätsdrüse.

Die experimentellen Arbeiten bis zur Jahrhundertwende hatten ergeben, dass ein dieser Keimdrüse beraubtes Tier schwere körperliche und seelische Ausfallserscheinungen aufweist, d.h. zum Eunuchen wird. Dieser Verfall ist durch Einpflanzung einer Keimdrüse von einem anderen Tier reparabel. Da die Erscheinungen beim kastrierten Tier denen des gealterten Tieres sehr ähnlich sehen, versuchte Steinach den Altersprozess zu beeinflussen, indem er dem alten Tier die Keimdrüse eines jungen Tieres operativ überpflantze. Tatsächlich ergaben sich deutliche Erscheinungen einer Verjüngung.

Das Experiment wurde in der Praxis verwandt und zwar nicht nur bei alternden Menschen, sondern auch bei Jugendlichen, bei denen die Keimdrüse ungenügend arbeitete oder durch Kriegsverletzungen oder Operationen in Verlust geraten war.

Aus diesen Arbeiten hat sich mit Sicherheit ergeben, dass das Hormon der Keimdrüse aus dem an sich neutralen Organismus den Mann oder das Weib im körperlichen und seelischen Sinne schafft. Fernerhin hatte es sich gezeigt, dass der Eintritt der Reife eines Wesens, die Pubertät, davon abhängt und auch die Verfallserscheinungen des Alters ausschliesslich auf das Nachlassen der Keimdrüsen-Hormonproduktion zurückgeführt werden müssen. Tatsächlich werden die Jahreszeiten des Lebens vom Keimdrüsenhormon bestimmt und gesteuert. Es ist nun sonderbar, dass gerade diese Hormonlieferung seitens der Keimdrüse nur in einer

beschränkten Zeit der Lebensdauer vor sich geht, während doch alle anderen Zellen des Körpers von der Wiege bis zum Grabe arbeiten. Steinach schloss aus diesem Umstand, dass es sich um einen Zustand von Aktivität und Inaktivität beim Keimdrüsenhormon handeln müsse. Mithin bedeutet die Pubertät das Aktiv werden (Aktivierung), die biologische Reifezeit eines Wesens, den Zustand dauernder hoher Aktivität, und das Klimakterium und Alter ein Nachlassen und Aufhören der Aktivität.

Aus diesem Gesichtspunkt heraus versuchte Steinach eine Verjüngung für jedermann zu schaffen. Denn es ist ohne weiteres ersichtlich, dass man die Ueberpflanzung vom menschlichen Keimdrüsen nur in ganz beschränktem Massstab duchführen könnte.

Viel später hat Voronoff diese Arbeiten aufgenommen und versucht, die Schwierigkeiten der Materialbeschaffung dadurch zu überwinden, dass er Keimdrüsen von Menschenaffen verwandte. Wir haben es also bei den Arbeiten Voronoffs nicht, wie er behauptet, mit etwas principiell, sondern nur graduell Neuem zu tun. Voronoff hat leider durch seine schrankenlose Laienpropaganda der Affendrüsenverpflanzung dem gedeihlichen Fortschreiten unserer Arbeiten sehr geschadet.

Es gelang Steinach, für den männlichen Organismus eine Methode auszuarbeiten, mit deren Hilfe man ohne *Einführung fremden Materials* den Hoden zu erneuter Hormonproduktion anregen kann. Dies geschah durch die Abbindung eines oder beider Samenleiter. Dadurch werden die Samentierchen in den Hoden zurückgedrägt und das samenbildende Gewebe geht nach einiger Zeit zu Grunde. Anstelle dessen entwickelt sich die Pubertätsdrüse, die nun immer grössere Mengen des lebenswichtigsten Hormons an das Blut abgibt.

Damit verliert der alternde Organismus keinerlei Energien mehr für den Aufbau von Fortpflanzungskeimen, verwendet diese vielmehr zum eigenen Aufbau. Der Vorgang entspricht durchaus einer bekannten Massnahme, welche die Gärtner ausführen. Sie

kneifen bei alternden oder kränkelnden Sträuchern und Bäumen im Frühjahr die Knospen ab. Dadurch wird die Kraft nicht in Blüte und Frucht verschwendet, sondern schiesst in den Baum selber zurück. Hierbei muss ein fundamentaler Irrtum berichtigt werden, den sogar Aerzte häufig begehen: Die Verhinderung der Fortpflanzungsfähigkeit des Mannes hat nichts mit seiner Beischlafsfähigkeit zu tun. Ausserdem ist selbst bei doppelseitiger Abbindung der Samenleiter die Quantität des Samens nicht vermindert, sondern es fehlen nur darin die Samentierchen.

Steinach konnte im Tierversuch mit dieser Massnahme ganz ausserordentliche Verjüngungseffekte am alternden Menschen erzielen. Für das weibliche Tier konnte eine ähnliche leichte Massnahme nicht gefunden werden. Nach einer Reihe von Vorversuchen am Tier hat sich dann die Anwendung der Diathermie (hochfrequente Wechselströme) als Mittel der Wahl ergeben.

Beide Methoden habe ich dann seit 1920 in sehr grossem Massstabe am männlichen und weiblichen Menschen ausgewertet. Mein Material an Vasoligaturen (Abbindung der Samenleiter) beträgt über 700 Fälle, das an Diathermierungen bei der Frau weit über 1000. Ausser mir haben eine Anzahl von Forschern in allen Teilen der Welt auf demselben Gebiet eingehende Beobachtungen gemacht, die sich mit meinen eigenen durchaus decken.

Das Beobachtungsmaterial setzte sich zusammen aus klimakterischen und gealterten Menschen, bei denen eine Reaktivierung vorgenommen wurde, und einem kleinen Prozentsatz jüngerer Menschen mit Reifeverzögerung und Reifehemmung, bei denen eine Aktivierung notwendig erschien. Der Zeitpunkt, der zur Ausführung der Methoden am günstigsten ist, liegt zwischen 45 und 60 Jahr beim Mann und zwischen 45 und 50 bei der Frau. Im algemeinen kann man sagen, dass die Aussichten zur Altersbekämpfung dann die besten sind, wenn sich bei ihm gerade die ersten Erscheinungen der Wechseljahre melden. Wir haben aber auch bei Menschen in vorgerücktem Alter ganz handgreifliche

Erscheinungen oder Verjugendlichungen konstatieren können.

In den 10 Jahren unserer Arbeit haben wir folgendes mit Sicherheit feststellen können: Die Methoden sind völlig frei von irgendwelchen schädlichen Nachwirkungen. Die im Publikum vorherrschende Meinung, dass nämlich die Wirkungsdauer nur eine begrenzte sei, und der Organismus nach anfänglichem Aufblühen danach umso schneller zusammenfiele, hat sich als völlig haltlos erwiesen. Das Schlimmste, was überhaupt eintreten kann, ist ein Ausblieben der Wirkung.

Unter den beobachteten Verjüngungswirkungen erscheinen mir folgende am wichtigsten:

Veränderung der Haltüng im Sinne einer grösseren Straffheit und Elastizität.

Nachwachsen junger Haare, die in der Konsistenz weicher und im Farbton dunkler sind.

Erhebliche Zunahme der Elastizität der Haut dei besserer Durchfeuchtung. Abflachen der Runzeln.

Deutliches Ansteigen der Muskelkraft, auch der Muskulatur der Eingeweide und des Herzens.

Verbesserung der Akkomodation des Auges. Rückgang von Linsentrübungen.

Günstige Beeinflussung der Alterserkrankungen, der Prostata-Drüse. Hebung der Sexual-Potenz, bei Frauen gelegentlich Wiederkehr der Menstruation.

Absinken des im Alter erhöhten Blutdrucks, Besserung der gesamten Zirkulation. Entlastung des Herzmuskels.

Aeusserst eindrucksvolle Veränderungen der psychischen Funktionen im Sinne einer Hebung des Arbeitswillens und der Leistungsfähigkeit. Besserung des Gedächtnisses und der Kombinationsfähigkeit.

Der Schlaf wird tiefer und erholsamer. Die Stimmungslage wird im Sinne einer Wiederkehr der Lebensfreude verändert.

Stoffwechselkrankheiten (Gicht und Diabetes) sowie die

Verfettung alter Menschen lassen sich günstig beeinflussen.

Es ist an sich unverständlich, dass eine solche Fülle von objektiv feststellbaren Veränderungen durch einen an sich unscheinbaren Eingriff oder durch elektrische Durchwärmung herbeiführbar ist Man kommt dem Verständnis dieser Vorgänge näher wenn man sich vergegenwärtigt, dass die grösste Anzahl aller sogenannter Alterskrankheiten und -Beschwerden tatsächlich hervorgerufen ist durch den Altersprozess selbst. Es ist also ziemlich zwecklos, an den Symptomen aussen herumzukurieren, vielmehr sinnvoll und zweckmässig, an die Wurzel des Uebels, den Altersprozess selbst, heranzugehen. Dies wurde sebstverständlich durch die Steinach-Methoden ermöglicht.

Der feinere Wirkungsmechanismus dieser Vorgänge bezieht sich erstens auf die Beeinflussung des Gefäss-Systems, zweitens auf den Wasserreichtum der Zellen.

1. Im Alter sind die Blutgefässe gekrampft. Das Blut kann nur unter grossen Schwierigkeiten bis in die Perepherie gelangen. Das Herz leidet an Ueberarbeitung. Die neue Herbeiführung der Hormon-Produktion durch die Steinach-Operation oder durch die Diathermierung entkrampft, also erweitert die Gefässe.

2. Der Altersvorgang ist gekennzeichnet durch einen Wasserverlust der Zellen und durch eine Eindichtung der Zell-Bausteine. Biochemische Untersuchungen der letzten 8 Jahre haben ergeben, dass, die Steinachschen Massnahmen diesen Schrumpfungsprozess und Wasserverlust entgegenarbeiten. Die Elastizität und der Wasserreichtum der Gewebe werden wieder hergestellt.

Nach Kenntnis dieser beiden Mechanismen sind nunmehr alle Erscheinungen der Verjüngung erklärlich. Jedes Organ, insbesondere das Gehirn, werden wieder besser mit Blut versorgt. Der Säftestrom kann die Gewebe leichter erreichen und passieren und vor allem von Stoffwechselschlacken säubern.

Ich habe in meinen Buch „Das überwundene Alter", Paul List Verlag, Leipzig eine grosse Anzahl von Verlaufsgeschichten ver-

jüngter Männer und Frauen aus eigenem und fremdem Material publiziert.

Erfahrungsgemäss setzen sich neue Erkenntnisse in den Naturwissenschaften umso langsamer durch, je bahnbrechender sie sind. Es ist zu erwarten, dass die Befunde der biologischen Arbeiten Steinachs und der klinischen Beobachtungen seiner Mitarbeiter dazu beitragen werden, die praktische Medizin und insbesondere die Behandlung der Alterskrankheiten einheitlicher und kausaler zu gestalten.

WAARSCHIJNLIJKHEIDSGOLVEN ALS BESTUURDERS VAN PHOTONEN, ELECTRONEN EN PROTONEN

door

PROF. DR. P. EHRENFEST.

§ 1. Spreker begint met erop te wijzen, dat, wat hij vanavond zal vertellen, eenerzijds aansluit bij hetgeen Prof. Kramers voor korten tijd hier heeft besproken, anderzijds bij de lezing, die spr. het vorig jaar voor Diligentia heeft gehouden. Het zal weer gaan over golven en corpuscula, weer zullen we werken met deze zeer speciale beelden en analogieën. Doet men trouwens in de physica wel ooit wat anders, als groote groepen verschijnselen ordenend beschrijven met behulp van zekere analogieën? Niet alleen alle wetenschap, doch zeer algemeen al het in woorden formuleerbaar denken komt ten slotte hierop neer, dat men iets onbekends vergelijkt met, afbeeldt op iets meer vertrouwds. Zoo gaat het ook in de taal: Denk aan het „aandraaien van de belastingschroef", of het „geleidelijk afsterven van koloniale betrekkingen" als elementen in de formules van onze politieke algebra. Leest men een oud physicaboek door, dan ziet men daar een kracht afgebeeld door een mooi gevormd handje, later door een pijl, wat wij al bijna even „abstract" vinden als die afbeelding door 3 algebraïsche grootheden X, Y, Z, de componenten der kracht. En toch is dit alles niets als een vergelijking, een beeld; en we moeten ons verheugen, als de natuurkunde er in slaagt, een steeds grooter gebied van verschijnselen te beheerschen, zij het dan ook

met behulp van een beeld, dat steeds plastischer, vager, abstracter wordt.

Waar komt men nu steeds weer het beeld van golven en corpuscula tegen? Telkens, als men bij de beschrijving van natuurverschijnselen afstand in ruimte en tijd moet overbruggen, zooals b.v. bij het licht, dat van verre sterren naar ons toekomt. Niet, dat golven en corpuscula de eenig mogelijke concepties zijn, om ruimte en tijd te overbruggen: Zou men het ook niet eens ter afwisseling met behulp van beelden als liefde en „Sehnsucht" kunnen probeeren? Maar alvast voorloopig moeten wij bij de beelden van golven en partikels blijven. En laten wij trachten ons te verplaatsen in de dualistische „golf-partikel" situatie, zooals die voor het licht hoofdzakelijk door Einstein tusschen 1905 en 1915 ontwikkeld is.

§ 2. Inderdaad, op het gebied van het *licht* kunnen we nu geen van beide beelden missen. Aan den eenen kant was de golfnatuur van het licht verzekerd: Denken we aan de vergadering van de Academie van Wetenschappen te Parijs, nu ongeveer 100 jaar geleden, zooals we ze kennen uit de beschrijving van Arago (Verz. Werken I, in de biographie van Fresnel). Daar was juist de tegenstelling tusschen Newton eenerzijds, Huyghens, Young en Fresnel anderzijds, in het brandpunt der belangstelling.

Fresnel en Arago, aanhangers der golftheorie van het licht, vonden tegenover zich den mathematicus Poisson, die de golfvoorstelling ad absurdum gevoerd meende te hebben door deze consequentie, dat, wanneer we licht op een schermpje laten vallen, we op een zekeren afstand achter het schermpje in het midden van de schaduw een bijzonder helder lichtpuntje zouden moeten zien! Op de volgende vergadering demonstreerden Fresnel en Arago de proef met het schermpje, en toonden inderdaad het door Poisson aangekondigde phenomeen aan!

Deze gang van zaken is karakteristiek voor de wijze, waarop steeds een nieuwe theorie zich doorvecht. Het begint steeds met

zeer abstracte speculaties, het zijn dingen op de rand van de physica, die iemand fascineeren, indirecte bewijzen staven de beweringen. Aanhangers der oude theorie zoeken en vinden een bijzonder kettersche consequentie der nieuwe theorie; nu storten de experimentatoren zich in den strijd, en beslechten hem ten gunste van een van de twee; en wat heden nog verdacht speculatieve gevolgtrekkingen zijn, worden morgen tot criteria, die de juistheid van de nieuwe opvattingen experimenteel ad oculos demonstreeren.

De voornaamste steun voor de golftheorie van het licht is wel, dat we proeven kunnen doen, waarbij licht + licht duisternis geeft; dit is het criterium geweest, dat ons heeft doen besluiten, oogenschijnlijk zoo absoluut verschillende dingen als radio-golven, zichtbaar licht, tot Röntgen- en γ-stralen toe, op te vatten als in wezen gelijksoortige, ja, identieke verschijnselen, als golven, die zich slechts in hun golflengte onderscheiden. Laat ons bedenken, wat we niet alleen wetenschappelijk, maar ook technisch aan dit inzicht te danken hebben!

Nu de corpusculaire natuur van het licht!

Hoofdzakelijk door werk van Planck en Einstein (1905) werd het duidelijk, dat we aan het licht — hoe ongeloofelijk het ook mag klinken in het begin — behalve golf- ook corpusculaire eigenschappen moeten toekennen. Spr. illustreert dit, door tegenover elkaar 2 plaatjes te stellen, waarvan het eene weergeeft de buigingsringen van licht door een nauwe opening (golven!), het andere den doorgang van een Röntgenstraal door een Wilson-kamer: Op de baan van de Röntgenstraal, in geisoleerde, discrete punten worden de atomen geioniseerd, de electronen weggeslingerd. Men ziet duidelijk de samengebalde energie in de Röntgenstraal, de „stooten" tusschen het Röntgenquant en de electronen *).

*) Spr. maakt erop opmerkzaam, dat men op dit plaatje zoo duidelijk ziet, dat steeds de snelheid der door stoot vrijgemaakte electronen ietwat naar voren gericht is, de richting, waarin het Röntgenquant voortvliegt; en dat nauwkeurig onderzoek leert, dat bij deze botsingen streng de bekende botsingswetten blijven gelden. (Compton-effect).

We zijn nu tot de volgende beelden gekomen:
Rood licht = lange golven of wel energie-arme corpuskels.
Violet licht = korte golven of wel energie-rijke corpuskels.

§ 3. Volgens welk recept moeten we nu deze „elkaar uitsluitende" beelden toepassen? Aanduidingen van Einstein hebben hier den weg gewezen. Het recept kan zoo geformuleerd worden:

Begin bij elk bepaald lichtprobleem te rekenen met de golfopvatting; men krijgt zoo plaatsen, waar licht + licht veel licht geeft, en plaatsen, waar licht + licht duisternis geeft.

Zet nu een streep er onder, herinner je dat er een corpusculaire opvatting van het licht bestaat, en zeg: Daar, waar de golfbeweging intensief was, „kan ik wedden", veel corpuscula aan te zullen treffen, veel nevelpunten in de Wilson-kamer, veel zwarte pukkeltjes op de photografische plaat te zullen vinden.

Om een eenigszins overdreven voorbeeld te noemen: Neem een interferentie-apparaat en een photographische plaat, en werk met uitermate zwak licht. Bekijk de plaat ieder keer; zal ik zwarte ringen zien, die steeds intensiever worden? Neen, ik zal zwarte pukkeltjes zien, die zich tot ringen aaneensluiten.

Résumé: Rekent men met golven en met haar interferenties, dan krijgt men de relatieve waarschijnlijkheid voor het optreden van de lichtcorpuscula op de verschillende plaatsen. Als recept is het volmaakt duidelijk. Is het ook als beeld, als voorstelling bevredigend? Hierop antwoordt zooals gewoonlijk de oudere generatie eerder met neen, de jongere met ja.

§ 4. Men heeft nu dezen rijkdom van nieuwe gedachten in de laatste vier jaren overgebracht op de *materie*, en hun invloed is verstrekkend geweest. Ook op het gebied van de materie heerscht nu de ons van de licht-zijde reeds bekende dualistische ziekte; alleen gaat het hier *van* corpuskelbeeld *naar* golfbeeld. Toen wij zoo op het gymnasium of de H.B.S. waren, *bestond* het licht uit

golven, en pas omstreeks 1900 kreeg het iets corpusculairs (Planck, Einstein). De materie daarentegen *was* corpusculair, en werd pas in 1925 en '26 ietwat ondulatorisch. (de Broglie en Schrödinger). Met welke zekerheid men voor dien tijd de bokken van de schapen, de golven van de corpuskels wist te scheiden, blijkt b.v. bij de behandeling van de stralingen bij radio-actieve processen. Radio-actieve stoffen zenden stralen uit (het woord stralen verplicht nog tot niets) die men α, β, γ, δ-stralen noemde, en Curie en Rutherford toonden aan, dat

α-str. waren partikels, en wel wegvliegende He-kernen.

β-str. waren partikels, en wel wegvliegende electronen.

γ-str. waren golven, en wel electro-magnetische.

δ-str. waren partikels, en wel secundaire electronen.

Kijk nu daarop terug vanuit het standpunt van de in de laatste jaren opgekomen „golfmechanica", de theorie van de Broglie en Schrödinger, die ons achter het loopen van partikels „spookachtig" een golfveld doet zien. (Einstein gebruikte voor het geval van het licht in gesprekken wel eens de uitdrukking Führungsfeld of Gespensterfeld). Het zou niet gemakkelijk zijn, hier in het kort weer te geven, door welke argumenten de Broglie en Schrödinger de physici wisten te overtuigen, hen te volgen; maar dat is gelukkig nu ook niet meer noodig, want direct waren er experimentatoren bereid, waar mogelijk, door directe experimenten de nieuwe speculatieve gedachten te weerleggen of ad oculos te demonstreeren; en op hun sprekende resultaten kunnen wij nu steunen. Wat is het meest „golfachtig" aan het licht? — Het feit, dat licht + licht duisternis kan geven.

Wanneer zullen wij toegeven, dat de materie golfachtig is?

Wanneer blijkt: materiestralen + materiestralen = niets, in het bijzonder: kathodestr. + kathodestr. = geen kathodestr.

Dit wonderbaarlijk phaenomeen nu liet zich experimenteel aantoonen, te gemakkelijker, daar het instrumentarium al voorbereid was in de optica (het gewone buigingstralie, speciaal ook

het natuurlijke kristaltralie, voor groote en voor kleine golflengte, wat vlg. de Broglie en Schrödinger op de materie-kant beteekent langzame en snelle corpuskelstralen). Spr. demonstreerde nu photographische opnamen van interferentieproeven met kathodestr. na doorgang door een goudblaadje en een glimmerplaatje (Prins, Physica VIII, p. 257, 1928).

Uitbreiding van deze proeven vindt plaats in twee richtingen: Rupp experimenteert met een gewoon tralie in plaats van met een kristal, en in plaats van kathodestr. (electronen) bestudeert men ook de reflexie en diffractie van atoom- en molecuulstralen *).

§ 6. Zonder ook maar in het minst de bedoeling te hebben, volledig te willen zijn, stelt spr. zich voor, in het rijke gebied wat rond te kijken, grepen uit de toepassingen te doen, en wat losse opmerkingen te maken.

1. Men hoede zich ervoor, deze golven van de Broglie en Schrödinger, deze „ψ-golven", te houden voor electro-magnetische; een van de allerbelangrijkste verschillen is al direct de voortplantingssnelheid, die voor de electro-magnetische golven in de leege ruimte steeds c bedraagt, voor de ψ-golven steeds grooter is dan c, (geen signaalsnelheid, dus geen tegenspraak met Einstein), en ook in de leege ruimte afhankelijk is van λ. (Dispersie).

2. Als voorbeeld, hoe men met de nieuwe theorie werkt, het

---

*) F. Knauer und O. Stern, Uber die Reflexion von Molekularstrahlen, Zeitschrift für Physik 53, 779, 1929.

O. Stern. Beugung von Molekularstrahlen am Gitter einer Kristallspaltfläche. Naturwissenschaften 17, 391, 1929.

G. E. Read, Reflection of Positive Rays by a Platinum Surface, Physical Review 31, 629, 1928.

A. Ellett and H. F. Olson, Reflection of Atoms by a Crystal. Physical Review 31, 643, 1928.

T. H. Johnson, The Reflection of hydrogen Atoms from Crystals. Physical Review 31, 1122, 1928.

R. W. Gurney, Scattering of Positive Ions from a Platinum Surface. Physical Review 32, 467, 1928

volgende: Van een bundel kathodestr. is bekend, dat men ze met een electrisch of magnetisch veld kan afbuigen. In overeenstemming hiermee laat Schrödinger zien, dat de differentiaalvergelijking, die vlg. hem de uitbreiding der ψ-golven beheerscht, in het geval van een electr. of magn. veld van de veldverdeeling, dus van de plaats afhankelijke coefficienten krijgt; in de coefficienten treedt op het krachtveld in den vorm van de potentieele energie, die — corpusculair gesproken — de electronen afbuigt. Dientengevolge loopen de ψ-golven wel in een krachtvrije ruimte rechtlijnig, in een krachtveld echter krommen ze zich zoo, dat ze de electronen sturen in de banen, die de oude theorie met behulp van de Lorentzkracht e. d. berekende.

Een mooi voorbeeld is in dit opzicht het waterstofatoom: een electron in het veld van de kern. De golven blijken te loopen niet rechtlijnig, neen, ze krommen zich, komen uit een zeker gebied niet weg, sluiten zich weer. Wat bij Bohr de geoorloofde quantenbanen waren, dat zijn in de golfmechanica in zich zelf terugkeerende golven („staande golven"), en evenals bij Bohr alleen zekere discrete banen geoorloofd waren, kan men hier in de omgeving van de kern hebben de eerste ψ-trilling, of de tweede, de derde, enz.

Nog eenvoudiger dan het waterstofatoom is een electron, krachtvrij heen en weer loopende in een gesloten buis. Bohr zou er van zeggen, het electron kan loopen met een zekere snelheid of een veelvoud daarvan, of wel, geoorloofd zijn alleen die banen, waarvan het oppervlak in het phase-diagram $= nh$.

De vertaling in de ψ-taal geeft de trilling van een snaar, waarbij we den grondtoon, den eersten, tweeden, derden boventoon enz. kunnen verwachten.

Zijn aan den eenen kant bepaalde, discontinue energieën E geoorloofd, dan aan den anderen zekere discrete trillingsgetallen ν, en tusschen E en ν bestaat de betrekking: $E = h\nu$.

Verder blijkt, dat in vele gevallen, waar de theorie van Bohr geen bepaald antwoord gaf, de golfmechanica van Schrödinger het

antwoord niet schuldig bleef, dat dan bovendien in overeenstemming met de ervaring bleek te zijn.

3. Spr. wijdt nu een opmerking aan de emissie en absorptie van straling, die dank zij Dirac ook in de nieuwe theorie bevredigend kon worden ingevoerd, en aan de electronentheorie der metalen, die uitloopt op een theorie van interferenties van ψ-golven in het binnenste van het tralie der metaalatomen (Sommerfeld, Bloch).

4. Interessant is een voorbeeld, waar de nieuwe theorie het juiste resultaat levert, terwijl de oude volslagen hulpeloos was: De toepassing van de ψ-golven op de uitzending van α-deeltjes, die de Rus Gamow en de Amerikanen Condon en Gurney gegeven hebben.

Hier had men twee paradoxen:

A. Een aesthetische paradox: De „Halbwertszeiten" van verschillende leden der Ra-familie loopen uiteen van 10^{-6} sec. tot 10^{9} jaar. Is dat niet verwonderlijk bij loten van een stam?

B. Een echte physische paradox: Vanaf 3.10^{-12} cm. van het middelpunt van de kern naar buiten heerscht afstooting vlg. de wet van Coulomb. (dat weet men uit proeven, waarbij men de kern beschiet). Een α-deeltje, uitgeschoten uit de kern, wordt dus zeker van 3.10^{-12} cm. tot het heelemaal buiten is, door de kern afgestooten, krijgt *minstens* een energie, overeenkomende met een dergelijk verlies aan potentieele energie, onverschillig, hoe het vroeger in de kern gebonden was, en hoe het er in geslaagd was, den potentiaalberg te passeeren. Verifieert men dit nu, door de energie van de weggeschoten α-deeltjes te meten, dan blijkt hun energie beslist kleiner te zijn, dan men vlg. bovengenoemde redeneering als minimum moet verwachten; ze komt overeen met een afstooting, te beginnen eerst op 6.10^{-12} cm. Het is daarom onbegrijpelijk, hoe ze ooit over den berg hebben kunnen komen.

Rutherford heeft verschillende hypothesen ad hoc gemaakt, om dezen paradox uit de wereld te helpen, of meer nog misschien, om de algemeene belangstelling op dit probleem te richten.

Hoe ziet dit probleem nu eruit in de golftaal?

In de buurt van de kern is een α-deeltje wordt vertaald door in de buurt van de kern is een ψ-golf op gang, traag of haastig trillend al naar de energie van het deeltje. Een potentiaalberg, hooger dan deze energie, beteekent voor een partikel der partikelmechanica een onoverkomelijke belemmering, maar voor de uitbreiding, de „lekkage" van de ψ-golf der golfmechanica slechts een ernstige, in tegenstelling met zijn corpusculair analogon echter geenszins onoverkomelijke moeilijkheid. Na een poos vind ik dus aan den anderen kant van den potentiaalberg ook ψ-golven op gang, d.w.z. een van 0 verschillende waarschijnlijkheid, ook daar α-deeltjes aan te treffen, en wel een ψ-golf van dezelfde frequentie, m.a.w. α-deeltjes van dezelfde energie, als die ze nog in de kern hadden.

Waar de klassieke mechanica „onmogelijk" zegt, daar zegt de nieuwe mechanica „zeer zeker mogelijk". De rekening doet ten slotte ook den aesthetischen paradox verdwijnen, daar ze tot het resultaat komt, dat een iets snellere trilling enorm veel gemakkelijker door den potentiaalberg heenkomt dan de langzame, en wel juist in die verhouding, als het experiment ons geleerd had.

5. Bij het licht liepen en golven en partikels met de snelheid c.

Bij de materie is de voorstelling van een loopend electron een „golfpaket". Zooals bekend, krijg ik dat, door een aantal ∞ lange treinen van monochromatische vlakke golven te superponeeren, onderling iets verschillend in golfnormaal, en in golflengte λ (Fourieranalyse) daardoor, ten gevolge van de vroeger al genoemde dispersie, in voortplantingssnelheid. De beweging van de golfgroep zal nu van denzelfden aard zijn, als die van de „spookachtige schaduwen", die men ziet, als men doorkijkt door twee kammen met iets verschillenden tanden-afstand, die over elkaar bewegen. In het bijzonder is deze snelheid absoluut anders, als die van één van de twee kammen, de snelheid van de golfgroep heel anders als die van de hem constitueerende monochromatische ψ-golven:

Deze laatsten loopen n.l. met bovenlichtsnelheid, de groep met de snelheid der beschouwde kathode of β-straal electronen. De samenhang is gegeven door $v = \frac{c^2}{V}$, waar v de groepsnelheid (partikelsnelheid), V de golfsnelheid beteekent.

De omstandigheid, dat we, voor het opbouwen van ons golfpaket noodig hebben golven, 1. van nog verschillende richtingen van de normaal, 2. van nog verschillende golflengtes, heeft tot onaangenaam gevolg, dat ons golfpaket, dat we met zooveel zorg opgebouwd hebben, ons na eenigen tijd weer uit elkaar loopt. Physisch heeft men dit wel zoo geinterpreteerd (Bohr, Heisenberg), dat men, juist als men zich moeite gegeven heeft, het electron ergens bijzonder goed te localiseeren (de golfgroep in een klein ruimtegebied samen te dringen), men de snelheid zoo grondig bedorven heeft, (men zooveel samenstellende golven van verschillende golflengte en golfnormaal toe moet laten), dat de groep maar korten tijd als zoodanig kan blijven bestaan, dat ze uit elkaar vloeit.

En hiermee is dan de aansluiting aan de voordracht van Prof. Kramers bereikt, waar ook ter sprake kwam:

Naarmate de plaats beter vastgelegd is, is de snelheid minder goed vastgelegd (en vice versa), en analoog met tijd en energie. Ook werd daar de samenhang met de causaliteit in het licht gesteld. Wel kunnen we op een tijdstip absoluut nauwkeurig de plaats bepalen, op een volgend ook, en de snelheid in het interval berekenen, of wel uit n metingen van de plaats de snelheden in de n-1 tusschenruimten berekenen, de laatste, de nde, de uit een oogpunt van voorspelling eenige interessante, echter niet.

§ 7. Uit de groote litteratuur, experimenteel en theoretisch, sinds 1925, zouden we nog vele voorbeelden hebben kunnen nemen, die laten zien, hoe door de golfmechanica steeds weer nieuwe samenhangen tusschen verschillende physische verschijnselen aan het licht komen.

In ruil voor den grooten vooruitgang, die door de Quantenmechanica mogelijk geworden is, is het niet te verwonderen, dat men daarbij ook eenige „onaangename zaken" op den koop toe moet nemen, zooals de opvatting van de golven als waarschijnlijkheidsgolven en het opereeren met golven in ruimten van 3n afmetingen, als het gaat om een atoom met n electronen. Een deel dezer „onaangenaamheden" berust overigens misschien hierop, dat wij het abstracte algebraische formule-apparaat der nieuwe Quantenmechanica hardnekkig verbonden willen houden met de ons dierbaar geworden beelden van golven en corpuskels; misschien zullen onze kinderen glimlachen over deze conservatieve spijsverteringsstoring, zooals wij glimlachen over de zorgen, die onze vaderen hadden, toen ze de vergelijkingen van Maxwell hardnekkig met de voorstelling van een rubberaether wilden verbonden houden.

Litteratuurlijst:

Kramers en Holst, De bouw der atomen. D. B. Centen, Amsterdam 1928.

A. Haas, Materiewellen und Quantenmechanik. II Aufl. Akad. Verl. ges. Leipzig 1929.

Leipziger Vorträge 1928 über Quantentheorie und Chemie. Hirzel, Leipzig 1929.

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften. Bd. VII, blz. 158 (Artikel van P. Jordan). Springer 1928.

E. Schrödinger, Vier Vorles. über Wellenmechanik. Springer, Berlin, '28.

L. de Broglie, Einf. in die Wellenmech. Akad. Verlagsges. Leipzig 1929.

K. K. Darrow, Elem. Einf. in die Wellenmech. Hirzel, Leipzig, '29.
J. Frenkel, Einf. in die Wellenmech. Springer, Berlin, '29.

A. Sommerfeld, Atombau, Ergänzungsband über Wellenmech., Leipzig, '28.

N. Bohr, Das Quantenpostulat und die neuere Entwicklung der Atomistik, Naturwiss. **16**, 245, 1928.

Wirkungsquantum und Naturbeschreibung. Naturwiss. 17, 483, 1929.